

SUOMALAISEN ELÄIN- JA KASVITIETEELLISEN SEURAN VANAMON  
KASVITIETEELLISIÄ JULKAISUJA

Osa 5. N:o 8.

ANNALES BOTANICI SOCIETATIS ZOOLOGICÆ-BOTANICÆ FENNICÆ VANAMO  
Tom. 5. N:o 8.

---

# TUTKIMUKSIA VESIKASVIEN JUURISTA

AUNE MURÉN

10 tekstikuvaa ja 1 taulukko

Deutsches Referat:

Untersuchungen über die Wurzeln der Wasserpflanzen

HELSINKI 1934

HELSINKI 1934

SUOMALAISEN KIRJALLISUUDEN SEURAN KJRJAPAINON OY.

## ALKULAUSE.

Yleisesti tunnettua on, että vesikasvien juuristo on melko surkastunut. Jopa muutamilla hydrofyyteillä (esim. *Utricularia*, *Ceratophyllum*, *Aldrovandia*) juuria ei ole lainkaan. Samoin ovat juurikarvat surkastuneet. SCHENCKin (1886, s. 11) mukaan ne monilta vesikasveilta (*Elodea*, *Myriophyllum*, *Hippuris* ym.) kokonaan puuttuvatkin. Sitäpaitsi johtosolukko on hyvin heikosti kehittynyt. Putkilot joko puuttuvat kokonaan tai ovat surkastuneet tai on niiden lukumäärä pieni.

Sentähden oli varhemmin verraten yleisesti vallalla käsitys (SACHS 1882, SCHENCK 1886, LUDWIG 1895, FRANK 1890), että vesikasvien juurilla ei ole mitään merkitystä veden- ja ravinnonotossa, vaan että ne toimivat ainoastaan kasvin kiinnityseliminä. Eräät vanhemmat (UNGER 1862, GOEBEL 1884), mutta varsinkin uudemmat kokeelliset tutkimukset (WIELER 1892, BURGERSTEIN 1904, POND 1905 ja SNELL 1908) ovat kuitenkin johtaneet siihen tulokseen, että monien vesikasvien vieläpä uposkasvienkin kehitys on suuressa määrin juurista riippuvainen. Niinpä on osoitettu (KIRCHNER 1932, III:3, s. 319), että esim. *Callitriche*-lajit menestyvät vedessä paremmin juurtuneina kuin juurtumattomina. Niinikään on todettu (POND 1905 ja SNELL 1908), että juurtuneet uposkasvit kasvavat paremmin kuin juurtumattomat, ja ravintorikkaaseen multaan juurtuneitten uposkasvien kasvu on suurempi kuin ravintoköyhään hiekkaan juurtuneitten. Toiselta puolen on osoitettu (SNELL 1908), että esim. *Ranunculus fluitans*in juurilla ei ole mitään merkitystä ravinnonotossa silloin, kun kasvi kykenee ottamaan riittävästi ravintoa ulkopintansa kautta. Mutta SNELL (1908) huomauttaa erikoisesti, että ravinnonottoon nähden *Ranunculus fluitans* on vähemmän juurista riippuvainen kuin muut hänen tutkimansa kasvit (*Elodea canadensis*, *Potamogeton densus*, *Myrio-*

*phyllum scabratum*). Sitäpaitsi on kokeellisesti todettu (GOEBEL 1884 ja SNELL 1908), että monien uposkasvien johtosolukossa on olemassa vesivirtaus. WIELERIN (1892) tutkimusten mukaan on esim. *Elodean* juurissa juuripaine, joka puristaa vettä varren putkiloihin ja edelleen lehtien reunoista ulos. Niinikään on SNELL (1908) vielä osoittanut, että irtokellujista *Pistia* ottaa ravintoa juurillaan, mutta näiden lisäksi voivat myöskin aivan nuorien lehtien alapinnat toimia ravinnonottajina. *Lemnan* juuret sitä-vastoin ovat vain jonkinlaisia tasapainoelimiä.

Tietoja vesikasvien juurten ulkomorfologiasta, varsinkin pituudesta ja haaraisuudesta, samoin kuin juuriston syvyys- ja horisontaaliulottuvaisuudesta, täytyy senvuoksi pitää tärkeinä ei vain ulkomorfologiselta vaan myöskin ravintotaloudelliselta kannalta. Samaa voi sanoa anatomisen rakenteenkin tuntemisesta. Useimmista vesikasvilajeista juurien ulkomorfologiaa ja syvyys- ja horisontaaliulottuvaisuutta koskevat tiedot näyttäivät kuitenkin kirjallisuudesta puuttuvan ja anatomisetkin tiedot ovat muutamista lajeista varsin vaillinaisia. Kotimaisia tutkimuksia on vain nimeksi. Nämä puutteet ovat osaltaan olleet aiheena seuraavassa esitettyyn tutkielmaan.

Opettajalleni, prof. K. LINKOLALLE, joka on ohjannut työtäni ja antanut minulle monia hyviä neuvoja tutkielmani laatimisessa, sekä Helsingin Yliopiston kasvitieteellisen laitoksen kustokselle, tri HARALD LINDBERGILLE, joka auliisti on ottanut määrätäkseen eräät kasvinäytteistäni, haluan tässä yhteydessä lausua kunnioittavimmat kiitokseni.



## SISÄLLYS.

	Siv.
I. Aineisto ja sen kerääminen .....	1
II. Tutkimusmenetelmät .....	3
III. Lyhyt kuvaus kasvillisuudesta rannoilla, joilta juurinäytteitä on otettu .....	5
IV. Lajikuvaukset	
<i>Equisetum limosum</i> .....	7
<i>Isoetes lacustre</i> .....	8
<i>I. echinosporum</i> .....	9
<i>Sparganium simplex</i> .....	9
<i>S. minimum</i> .....	10
<i>S. affine</i> .....	11
<i>Potamogeton natans</i> .....	12
<i>P. perfoliatus</i> .....	13
<i>Alisma plantago</i> .....	14
<i>Sagittaria sagittifolia</i> .....	15
<i>Elodea canadensis</i> .....	16
<i>Hydrocharis morsus ranae</i> .....	17
<i>Phragmites communis</i> .....	18
<i>Glyceria fluitans</i> .....	20
<i>Scolochloa festucacea</i> .....	21
<i>Scirpus lacuster</i> .....	22
<i>S. eupaluster</i> .....	24
<i>S. acicularis</i> .....	25
<i>Carex gracilis</i> .....	26
<i>C. vesicaria</i> .....	28
<i>Iris pseudacorus</i> .....	29
<i>Polygonum amphibium</i> .....	30
<i>Nymphaea candida</i> .....	33
<i>Nuphar luteum</i> .....	34
<i>Ranunculus peltatus</i> .....	35
<i>R. reptans</i> .....	36
<i>R. lingua</i> .....	37
<i>Subularia aquatica</i> .....	38
<i>Callitriche verna</i> .....	39

	Siv.
<i>Elatine triandra</i> .....	41
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> .....	42
<i>Hippuris vulgaris</i> .....	43
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> .....	44
<i>Lobelia dortmanna</i> .....	44
V. Yleisiä tuloksia .....	46
Kirjallisuusluettelo .....	51
Deutsches Referat .....	53

## I. AINEISTO JA SEN KERÄÄMINEN.

Tutkimusaineistoni käsittää 34 vesikasvilajia.<sup>1</sup> Lajeja valittaessa on koetettu saada edustetuksi mahdollisimman erilaisia tyyppejä. Oli kuitenkin pakko rajoittua sellaisiin lajeihin, joita kasvoi Iitin ja Lahden seuduilla, missä vietin kesäni.

Aineiston kerääminen ja ulkomorfologiaa koskevat tutkimukset tehtiin kesinä 1932 ja 1933. Pääosan aineistostani olen ottanut Iitin kirkonkylästä ja Lyöttilän kylästä, joista edellinen sijaitsee 8 km ja jälkimmäinen 13 km Kausalan asemalta koilliseen, Kymijoen ja siihen laskevan 6 km pitkän ja 4 km leveän Urajärven rannoilta. Sitäpaitsi kävin kumpanakin kesänä Vesijärvellä tutkiakseni sellaisia lajeja (*Ranunculus lingua* ja *Hydrocharis morsus ranae*), joita yllämainituista vesistä en löytänyt. Edellisenä kesänä poikkesin myöskin 1.5 km Lahdesta itään sijaitsevalla Möysänjärvellä. Vesijärvellä suoritin tutkimuksia ns. Kukkilanlahdessa, joka sijaitsee 10 km Lahdesta pohjoiseen. Näiden lisäksi kävin vielä myöskin molempina kesinä Iitin Mankalassa verratakseni tuloksia eri paikoilta. Siellä kaivoin juuria 7 km Mankalan asemalta pohjoiseen sijaitsevan Vähän-Valkjärven rannoilla.

Suurimman osan aineistoani otin joko hiekka- tai savipohjalta. Hiekkarantoja oli kaikkiaan 10, niistä Kymen rantoja 5, Urajärven rantoja 3 ja yksi ranta Vähästä Valkjärvestä sekä Möysänjärvestä<sup>2</sup>. Savipohjaisia rantoja oli 8, nimittäin 4 Kymijoessa, 2 Urajärvessä,

---

<sup>1</sup> Näistä on toht. H. LINDBERG määrännyt eräitä vaikeasti tunnettavia, erikoisesti *Sparganium affinen* ja *Callitricha vernan*.

<sup>2</sup> Hiekkapohjalta kaivoin seur. lajien juuria: *Equisetum limosum*, *Isoetes*-lajit, *Sparganium affine*, *Potamogeton perfoliatus*, *Scirpus acicularis*, *Iris*, *Polygonum amphibium*, *Ranunculus peltatus*, *R. reptans*, *Subularia*, *Elatine triandra*, *Myriophyllum alterniflorum* ja *Lobelia*.



1 Vähässä-Valkjärvässä sekä 1 Vesijärvässä<sup>1</sup>. Muutamia lajeja (*Scirpus lacuster* ja *S. eupaluster* sekä anatomisesti *Alisma* ja *Sagittaria*) tutkin sekä hiekka- että savipohjalta. Mutta huomattuani, ettei sanottavia eroja ollut, tyydyin muissa lajeissa ainoastaan jommaltakummalta pohjalta otettuun aineistoon. Sitäpaitsi otin kahdesta lajista (*Carex gracilis* ja *Phragmites*) mikroskooppista aineistoa myös kivipohjalta ja *Polygonum amphibium*ia sekä *Hippurista* maalta.

V e d e n k o r k e u s kahtena ko. kesänä oli varsinkin Kymijoessa ja Urajärvässä hyvin erilainen, ollen vesi kesällä 1933 paljon alempana kuin edellisenä vuonna. Tästä johtuukin, että monet juurten ottopaikat, joissa edellisenä kesänä veden syvyys oli jopa yli 0.5 m, olivat kesällä 1933 kuivilla. Useimmista lajeista tutkin juurten ulkomorfologiaa ja syvyysulottuvaisuutta kuitenkin uudelleen kesällä 1933 paikoilta, jotka matalankin veden aikana ovat veden alla. Tällaisia lajeja ovat *Isoëtes*-lajit, *Potamogeton perfoliatus*, *Phragmites*, *Glyceria fluitans*, *Scolochloa festuacea*, *Scirpus eupaluster*, *S. acicularis*, *Ranunculus reptans*, *Subularia*, *Elatine triandra*, *Naumburgia* ja *Lobelia*. Muista lajeista ovat *Elodea*, *Potamogeton natans*, *Scirpus lacuster*, *Polygonum amphibium*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Ranunculus peltatus*, *R. lingua*, *Callitriche verna* ja *Myriophyllum alterniflorum* sellaisia, joista kaikki aineisto on otettu matalankin veden aikana vedenpeitossa olevilta paikoilta. *Equisetum limosum*in, *Sparganium affinen*, *Alisman*, *Sagittarian*, *Carex gracilis*en, *C. vesicarian* ja *Iris*en juurten ottopaikat taas olivat matalan veden aikana kesällä 1933 kuivilla, mutta edellisenä kesänä ainakin jossain määrin veden peitossa. *Sparganium minimum*ia otin savirannalla olevasta syvennyksestä, joka toisinaan veden ollessa hyvin matalalla saattaa kuivuakin. *Sparganium simplex*ä ja *Hippurista* taas kaivoin Kymijokeen laskevasta, matalan veden aikana melkein kuivaneesta ojasta.

Mainittakoon, etten voinut todeta eroja saman lajin alati vedessä olevien tai ajoittain kuivalle joutuvien juuristojen kesken, ei ulkomorfologisia tai ekologisia eikä anatoomisiakaan. Edelleen lienee syytä huomauttaa, ettei aineistooni sisälly yli 1.2 m syvyydessä kasvaneita juuristoja.

<sup>1</sup> Savipohjalta tutkittuja lajeja ovat: *Sparganium simplex*, *S. minimum*, *Potamogeton natans*, *Elodea*, *Phragmites*, *Glyceria fluitans*, *Scolochloa festuacea*, *Carex vesicaria*, *C. gracilis*, *Nymphaea candida*, *Ranunculus lingua*, *Callitriche verna* ja *Naumburgia*.



## II. TUTKIMUSMENETELMÄT.

Tutkimukseni koskevat sekä juurten ulkomorfologiaa ja syvyys-ulottuvaisuutta että anatomiaa. Näistä morfologinen ja syvyyttä koskeva selvittely tuotti monia vaikeuksia. Vaivaloisinta koko työssä oli juurten esillekaivaminen. Päästäkseni selville juurten kulkusuunnasta ja syvyyksistä, minkä tutkiminen oli vedessä yleensä melkein pä mahdotonta, kaivoin lapiolla pohjasta mahdollisimman suuren maakappaleen ja kannoin sen rannalle. Savi-pohjalla vaikeutti kaivamista veden sameneneminen. Hiekkapohjalla sensijaan oli kaivaminen helppoa, mutta maakappaleen vedestä nostaminen hyvin hankalaa, vesi kun pyrki huuhtomaan hiekan pois. Sentähden veikin, varsinkin niin syvässä vedessä, etteivät kädet enää hyvin ulottuneet pohjaan, yhden kunnollisen juuriston kaivaminen maakappaleineen toisinaan jopa tunninkin. Etenkin suurempien juurien kaivamista vaikeutti se, ettei kylliksi suuria maakappaleita jaksanut kantaa rannalle. Sentähden esim. *Carexien*, *Nupharin* ja *Nymphaean* juurten syvyys- ja pituusarvot eivät ole aivan tarkkoja. Toiselta puolen on työni helppoutena mainittava, että useimmat juuret olivat pieniä ja ulottuivat jokseenkin matalalle.

Rannalla kiinnitin huomioni juuriston laatuun, yksityisten juurten kiinnittymiseen, kulkusuuntaan, pituuteen, syvyyteen ja haaraisuuteen. Juurten kulkusuunnan selville saamiseksi poistin joko sormilla tai pinsetillä vähitellen maata ylhäältäpäin verson tyvestä lähtien. Näin seurasin yhden juuren kulkua kerrallaan. Samalla mittasin viivottimella juuren pituuden ja syvyyden kohtisuoraan pohjan pinnasta. Sitäpaitsi arvioin juurihaarojen runsauden ja mittasin niiden pituuden sekä astelevyn avulla likimäärin niiden kiinnittymiskulman. Paksujen ja syvälle ulottuvien juurten (esim. *Nuphar* ja *Nymphaea*) syvyyden ja pituuden määrasin kaivamalla käsilläni vedessä yhtä juurta kerrallaan niin syvälle kuin voin.

Anatomisia tutkimuksia varten talletin kustakin lajista juuri-näytteitä 70-prosenttiseen alkoholiin. Anatominen tutkiminen mikroskoopilla tapahtui talvella Helsingin yliopiston kasvitieteellisessä laitoksessa. Leikkaukset suoritettiin käsivaraisesti, yleensä juuren tyvestä. Värjäysaineena käytettiin aniliinisulfaattia osoittamaan puutumista ja metylivihreää soluliman ja tumien värjäyksissä. Kaikki anatomiset mittaukset tehtiin mikrometriokulaarilla ja piirtäminen heijastuskonetta käyttäen.

### III. LYHYT KUVAUS KASVILLISUUDESTA RANNOILLA, JOILTA JUURINÄYTTTEITÄ ON OTETTU.

Hiekkarannoilla, joilta keräsin tutkimusaineistoa, on pohja hienoa hiekkaa. Rannat ovat kaikki hyvin loivia. Veden syveneminen tapahtuu ensin vähitellen, mutta syvyyden ollessa 1—2 m pohja laskee äkkiä. Kuten yleensä hiekkapohjaiset rannat, niin tutkimanikin ovat kaikki kirkasvetisiä ja karuleimaisia, vastaten SAMUELSSONIN (1925) *Lobelia*-järvien rantoja. Kasvillisuus on harvaa ja lajiköyhää. Vesikasvillisuudessa voidaan veden syvyyssuhteitten mukaan yleensä eroittaa kaksi vyöhykkeittäin sijaitsevaa yhdyskuntaa, nim. helofyytti- ja hydrofyytti-yhdyskunnat. Näistä varsinkin edellinen esiintyy tavallisesti selvinä vyöhykkeinä, joista lähinnä rantaa ovat vesisaraikot, sitten kortteikot ja uloinna ruovikot. Käyttämälläni rannoilla vesisaraikoista ei voida puhua, sillä ainoastaan yhdellä rannalla Kymijoessa kasvoi veden rajassa 0—0.5 m syvällä *Carex gracilista* ja *C. vesicariaa*, mutta niitäkin niukasti. Useimmilta rannoilta puuttuvat myöskin *Equisetum limosum*in muodostamat kortteikot tai, jos niitä on, ovat ne harvoja. Veden rajasta n. 0.5 m syvyyteen kasvaa edellämainittujen ohella paikatellen harvalukuisena myöskin *Scirpus eupalusteria* ja *Naumburgiaa*. Ruovikot ovat syvimpänä ulottuen 1.5—2 m syvälle. Niiden tärkein edustaja on *Phragmites*. *Scirpus lacusteria* tavataan ainoastaan yhdellä hiekkarannalla Urajärven rannalla. Kymijoelle erikoisena lajina on mainittava *Scolochloa festucacea*, jota hiekkapohjaisilla rannoilla kuitenkin esiintyy niukasti. Hajallaan edellämainittujen joukossa kasvaa ilmaversoisia ruohoja. Kysymyksessä olevilla rannoilla niitä on niukasti. Edustettuina ovat vain *Alisma*, *Sagittaria* ja *Iris*. Jälkimmäistä kuitenkin kasvaa vain yhdellä hiekkarannalla Urajärven rannalla *Scirpus lacusterin* ja kortteen joukossa.



Hydrofyyteistä pohjaruohot useimmiten esiintyvät runsaina veden rajasta aina 2 m syvyyteen asti. Lähinnä rantaa ovat *Scirpus acicularis*, *Ranunculus reptans* ja *Subularia*, jotka vedenpinnan ollessa matalalla usein esiintyvät vedenrajan yläpuolellakin. Jonkinverran syvempänä (n. 0.5 m) kasvavat *Lobelia* ja *Isoëtes echinosporum* sekä syvimmällä *I. lacustre*. Näiden lisäksi tavataan Kymijoessa vielä pienialaisena *Elatine triandraa* ja paikatellen niukasti *Tillaea aquatica*. Kellulehtisistä kasveista tärkein on *Polygonum amphibium* esiintyen jokseenkin runsaana n. 0.5—1.5 m syvyydellä. *Glyceria fluitansia* kasvaa ainoastaan siellä täällä muiden joukossa. Ruovikkovyöhykkeen ulkopuolella muodostavat uposlehtiset kasvit useinkin laajoja ja tiheitäkin kasvustoja. Näiden osakkaista mainittakoon *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus peltatus* ja *Myriophyllum alterniflorum*.

Savipohjaiset rannat ovat myöskin kaikki hyvin loivia. Pohja on savea, jonka pinnalla on ohut saviliejukerros. Kasvillisuudessa monet lajit ovat samoja kuin hiekkarannalla, mutta kasvillisuus on tiheämpää ja rehevämpää. Niinpä Kymijoessa *Scolochloa festucea* esiintyy jokseenkin runsaana. Samoin *Phragmites*-kasvustot ovat tiheämpiä ja *Scirpus lacusteri*akin on runsaammin. Järvikaislan muodostamat kasvustot ovat alaltaan kuitenkin pieniä ja oli niitä tutkimuspaikoistani vain yhdellä rannalla Kymijoessa ja yhdellä Urajärvessä. Kellulehtisistä ovat *Potamogeton natans* ja *Nymphaea candida* leimaa antavia. Uposlehtisistä on edellä mainittujen lisäksi *Elodea* ainoastaan Kymijoessa kasvaen siellä toisin paikoin hyvin runsaana.

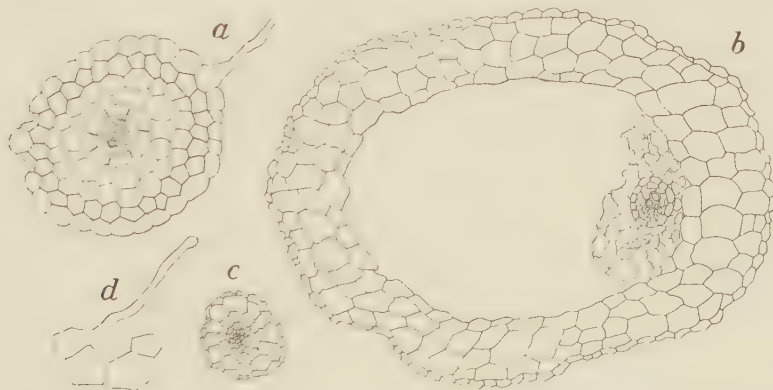
Muista savipohjaisista rannoista poikkeaa kasvillisuutensa puolesta Vesijärven Kukkilanlahden ranta. Lahti on umpeenkasvassa, rannat ovat hyvin matalia ja hyvin kasvirikkaita. Erittäin tiheinä kasvavien ilmaversoisten ruohojen kasvustoissa ovat leimaa-antavia erittäinkin *Menyanthes* ja *Calla* ja niiden joukkoon sekoittuneena *Ranunculus lingua*. Ruovikon pääosakkaana on *Scirpus lacuster*, joka paikatellen muodostaa laajan ja miltei läpipääsemättömän vyöhykkeen. Aukkopaikoissa on tiheitä kellulehtikasvustoja, joiden osakkaina ovat etupäässä *Nymphaea*, *Nuphar* ja *Potamogeton natans*. Uposlehtisistä ruohoista herättää huomiota etenkin tiheinä ja laaja-alaisina kasvustoina esiintyvä *Potamogeton praelongus*.

#### IV. LAJIKUVAUKSET.

##### *Equisetum limosum.*

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurten ulkomorfologian on METSÄVAINIO (1931, s. 54) jo tutkinut ja tullut tuloksiin, jotka soveltuvat myöskin tutkimüni yksilöihin. Kuitenkin kuvaan sen omien havaintojeni mukaan.

Juurakko on vaakasuora ja haarautuva sijaiten n. 30—33 cm syvällä. Siitä kohoaa viherversoiksi kehittyviä haaroja. Juuristoon muodostavat mustat lisäjuuret, jotka lähtevät säteettäin sekä pystyettä vaakasuorien juurakonosien nivelkohdista, kustakin nivelestä 8—12 kpl. Juurten pituus on 4—9 cm, ja juuriston suurin syvyys n. 35—40 cm. Haaroja, ainoastaan II luokkaan kuu-



Kuva 1. a *Equisetum limosum*: juuren poikkileikkaus (suurenn. 125  $\times$ ). b *Isoetes lacustre*: poikkileikkaus juuren tyveltä (70  $\times$ ), c samoin läheltä kärkeä (70  $\times$ ), d juurikarva lähisoluineen (200  $\times$ ).

Abb. 1. a *Equisetum limosum*: Wurzelquerschnitt (Vergr. 125  $\times$ ). b *Isoetes lacustre*: Querschnitt durch die Wurzel aus der Nähe der Wurzelbasis (70  $\times$ ), c desgl. aus der Nähe der Wurzelspitze, d ein Wurzelhaar mit einigen benachbarten Zellen (200  $\times$ ).

luvia, on hyvin vähän ja vain muutamissa juurissa. Ne ovat enintään 3 cm pitkiä ja kiinnittyvät n.  $40^\circ$  kulmassa.

**A n a t o m i a** (kuva 1 a). Juurten paksuus on 0.2—0.3 mm. Keskusjänne on vain 2-kimppuinen ja muutenkin hyvin heikosti kehittynyt (läpimitta 36—40  $\mu$ ). Kummassakin putkilo-osassa on ainoastaan 1 putkilo (12—15  $\mu$ ). Endodermiksen muodostaa 6—7 verraten suurta solua, joiden säteettäisissä seinissä on Caspary'n pisteitten kaltaisia paksunnoksia. Kuoren perussolukko on 2—3-kerroksinen. Sisimmän kerroksen solut ovat  $\pm$  pyöreähköjä ja muodostavat soluvälejä. Muut kuorisolut sitävästoin ovat muodoltaan säännöllisiä, 5—6-kulmaisia ja liittyvät toisiinsa soluväleittä. Uloimman solukerroksen seinät ovat huomattavasti paksuntuneet. Epidermis on tavallisesti suurisoluinen, mutta toisinaan solujen ulkoseinät ovat  $\pm$  sisäänpäin painuneet. Juurikarvoja, jotka ovat hyvin pitkiä (n. 1.5 mm), on erittäin runsaasti pitkin koko juurta (vrt. METSÄVAINIO 1931, ss. 55, 56).

#### *Isoëtes lacustre.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat tummanruskeat lisäjuuret, jotka lähtevät yhtenä kimppuna lyhyestä mukulamaisesta varresta. Toiset niistä kasvavat  $\pm$  pinnansuuntaisina kaartaen kärjessään alaspäin, kun taas toiset suuntautuvat joko vinosti tai suoraan alaspäin. Juurten pituus on 7—10.2 cm ja suurin syvyys 7 cm. Haarautuminen on dikotoomista. Tutkitut juuret haarautuvat enintään neljä kertaa.

**A n a t o m i a** on jo aikaisemmin hyvin tarkkaan tutkittu (vrt. VAN TIEGHEM 1870—71, s. 99; DE BARY 1877, ss. 243, 379, 380 ym.; WIESNER 1885, s. 156; FARMER 1890—91, s. 50) ja kuvaukset siitä soveltuvat tutkimiini yksilöihin. Siitä huolimatta esitän omat havaintoni tämän Suomen vesissä tärkeän pohjaruohon juurten sisärakenteesta. Juurten paksuus on 0.3—0.9 mm. Keskusjänne, läpimitaltaan n. 56  $\mu$ , sijaitsee epäkeskisesti (kuva 1 b), jopa jo lähellä juuren kärkeä; aivan kärjen lähellä rakenne kuitenkin on täysin keskinen (kuva 1 c). Kuten STOKEY (1909, s. 315) huomauttaa, on juuressa mielenkiintoista se, että keskusjänne on vain 1-kimppuinen ja kollateraalinen eikä kuitenkaan voida huo-



mata surkastumista. Endodermis on ohutseinäinen. Se liittyy toiselta puolen 1-2 hyvin ohutseinäisen solukerroksen kautta kuoren 3-4 uloimpaan, suurisoluiseen ja vahvaseinäiseen kerrokseen. Keskusjanteen vastakkaisella puolella on muutamia hyvin ohutseinäisiä ja muodoltaan epämääräisiä soluja, jotka rajoittuvat hyvin suureen, juuren keskustan miltei kokonaan täyttävään soluväliin. Epidermis on pienisoluinen ja sen ulkoseinät  $\pm$  sisäänpainuneet. Juurikarvoja (kuva 1 d), 0.3-1.1 mm pitkiä, on jokseenkin runsaasti pitkin koko juurta.

*Isoëtes echinosporum.*

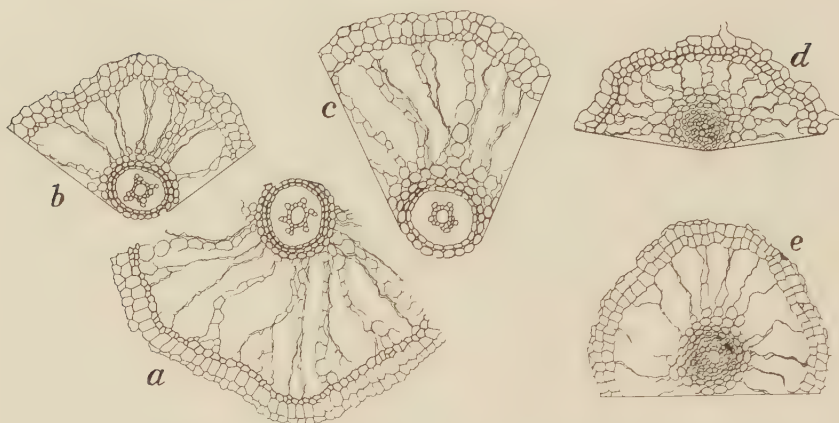
Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka väriltään ovat jonkin verran vaaleampia, mutta kulkusuunnan ja haarautumisensa puolesta samanlaisia kuin *I. lacustrella*. Juurten pituus on 6.5-11.5 cm ja syvyysulottuvaisuus 1-6.5 cm.

Anatomiassa en ole huomannut eroa edelliseen lajiin nähden. (Ks. kuitenkin taulukkoa s. 48-49.)

*Sparganium simplex.*

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurakko on vaakasuora ja haarautuva sijaiten 0.5-5 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Ne ovat 3.5-21.5 cm pitkiä ja lähtevät yhtenä kimppuna viherverson tyvestä. Toiset niistä kasvavat ensin pinnansuuntaisina kaartaen sitten vinosti alaspäin. Toiset sitävastoin suuntautuvat melkein suoraan alaspäin. Juuriston syvyys on 6-13 cm. Kahdenlaisia I luokan juuria, joista METSÄVALNIO (1931, s. 57) mainitsee, en ole huomannut. II luokan juuria on hyvin vähän. Ne ovat 0.5-3.3 cm pitkiä ja kiinnittyvät n. 50° kulmassa.

Anatomia (kuva 2 a). Juurten paksuus on 0.5-0.7 mm, keskusjanteen halkaisija 88-116  $\mu$ , jänne 6-7-kimppuinen. Janteen keskellä on 1 suuri (33-36  $\mu$ ) putkilo. Yhdistyssolukko ja lieriöketto ovat ohutseinäisiä. Sitävastoin ovat endodermiksen kaikki seinät vähän paksuntuneet ja heikosti puutuneet. Kuoren perussolukon 2-3 sisimmän kerroksen solut ovat  $\pm$  paksuseinäisiä ja venyneet



Kuva 2. Poikkileikkauksia juuren tyveltä. a *Sparganium simplex*. b *S. minimum*. c *S. affine*. d *Potamogeton perfoliatus*. e *Alisma plantago*.  
(Kaikki 100  $\times$ .)

Abb. 2. Wurzelquerschnitte aus der Nähe der Wurzelbasis. a *Sparganium simplex*. b *S. minimum*. c *S. affine*. d *Potamogeton perfoliatus*. e *Alisma plantago*. (Alle 100  $\times$ .)

vähän tangetin suunnassa. Niitten ulkopuolella ovat  $\pm$  pitkähköt ja kapeahkot solut muodostavat säteittäisiä solurivejä, joiden väliin syntyy suuria säteittäisiä soluvälejä. Kuoren 1—2 eksodermikseen liittyvää kerrosta ovat pienisoluisia. Seinät ovat jonkinverran paksuntuneet ja SIEDLERin (1892, s. 431) havaintojen mukaan korkkiutuneet. Sitävastoin eksodermissolut ovat suuria ja ohutseinäisiä. Epidermis taas on jokseenkin pienisoluinen ja paikoitellen hävinnyt. Sanoessaan, että epidermiksessä sitäpaitsi on vielä yksi solukerros, METSÄVAINIO (1931, s. 57) ilmeisestikin erehtyy. Juurikarvoja, 0.1—0.8 mm pitkiä, on hyvin runsaasti pitkin koko juurta. Myöskin II luokan juurissa, jotka ovat n. 0.2 mm paksuja, on runsaasti 0.2—0.7 mm pitkiä juurikarvoja.

### *Sparganium minimum*.

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurakko on vaakasuora ja haarautuva, sijaiten 0.5—4.5 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Useimmat niistä lähtevät juurakosta viherversojen tyvestä, mutta sitäpaitsi kasvaa muutamia juuria sieltä täältä muualtakin juurakosta. KIRCHNERin (1908, I:1,

s. 380) ja RAUNKIAERin (1895 -99, s. 258) kuvauksien mukaan suuntautuvat juuret aina alaspäin, mutta omien havaintojeni mukaan kasvavat toiset ensin  $\pm$  pinnansuuntaisina ja kaartavat sitten vähitellen alaspäin, kun taas toiset tunkeutuvat joko vinosti tai suoraan alaspäin kaartuen syvemmällä usein jonkinverran sivulle. Juurten pituus on 0.7—12.5 cm, syvyysulottuvaisuus 1.5—12.5 cm. Useimmat juuret ovat haarattomia (vrt. METSÄ-VAINIO 1931, s. 58). Vain muutamissa on hyvin vähän II luokan juuria, jotka ovat 0.3—2.5 cm pitkiä ja kiinnittyvät  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$  kulmassa.

**A n a t o m i a** (kuva 2 b). Juurten paksuus on 0.4—0.5 mm, keskusjanteen halkaisija  $56-64\ \mu$ , jänne 4—5-kimppuinen. Jänteen keskellä on tavallisesti 1 suuri (n.  $15\ \mu$ ) putkilo. Endodermiksen kaikki seinät ovat jonkinverran paksuntuneet. Kuoren perussolukon kaksi sisintä solukerrosta on säilynyt ehyenä. Niistä sisimmän solut ovat  $\pm$  paksuseinäisiä ja jonkinverran venyneet tangentin suunnassa. Kuoren keskiosa on, kuten muillakin *Sparganium*-lajeilla, muodostunut säteettäisistä soluriveistä, jotka paikoitellen ovat vain kapeita rihmoja. Kahden uloimman kerroksen solut ovat ohutseinäisiä ja 5—6-kulmaisia sekä liittyvät toisiinsa soluväleittä. Myöskin epidermissolut ovat ohutseinäisiä ja niiden ulkoseinät usein jonkinverran sisäänpäin painuneet. Juurikarvat, joita on hyvin runsaasti pitkin koko juurta, ovat pidempiä (0.5—2.6 mm) kuin muilla tutkimillani *Sparganium*-lajeilla. — II luokan juurissa, joitten paksuus on n. 0.15—0.2 mm, juurikarvoja on vähemmän ollen nämä 0.2—0.3 mm pituisia.

### *Sparganium affine.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juurakko on n. 2 mm paksu, vaakasuora ja haarautuva, sijaiten 2.5—6 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Useimmat niistä lähtevät juurakosta viherverson tyvestä; muutamia on muuallakin juurakossa. Juurien pituus on 1.5—10.5 cm. Useimmat niistä suuntautuvat ensin  $\pm$  vaakasuoraan sivulle kaartuen sitten vähitellen alaspäin; vain muutamia tunkeutuu vinosti alaspäin kaartaen vähän sivulle. Juuriston syvyys on 0.5—8.5 cm. II luokan



juuria on hyvin vähän. Ne ovat 0.3—1.5 cm pitkiä ja kiinnittävät 30°—40° kulmassa.

**A n a t o m i a** (kuva 2 c). Juurten paksuus on 0.6—0.7 mm. Keskusjänne on 5—6-kimppuinen ja läpimitaltaan 72—85  $\mu$ . Muuten on juuren anatominen rakenne suuresti *S. simplexin* kaltainen eroten siinä, että endodermiksen ulkopuolella on, kuten *S. minimumillakin*, vain yksi kerros paksuseinäisiä soluja ja subeksodermaalinen kerros on heikoimmin kehittynyt. Juurikarvoja on huomattavasti vähemmän kuin edellisillä lajeilla. Niitä on kuitenkin melkein juuren koko pituudella. Juurikarvojen pituus vaihtelee 0.3—0.6 mm. — II luokan juurissa, joitten paksuus on n. 0.2 mm, juurikarvat ovat 0.3—0.9 mm pitkiä.

#### *Potamogeton natans.*

**U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y y s u l o t t u v a i s u u s.** Juurakko on 3—6 mm paksu ja haarautuva sijaiten jokseenkin vaakasuorasti 4—20 cm syvällä. Toiset haaroista kasvavat viherversoiksi. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Ne ovat 5.5—11.5 cm pitkiä ja lähtevät säteittäin juurakon nivelkohdista, kustakin nivelestä 9—18 juurta. Juurakon pystyhaaroista juuret suuntautuvat jokseenkin vaakasuoraan sivulle. Vaakasuorasta juurakosta ne sitävästoin kasvavat sekä sivulle että vinosti alaspäin. Juuriston syvyys on 3—6.5 cm juurakosta, 6—24 cm pohjan pinnasta luettuna. II luokan juuria on hyvin vähän. Niitten pituus vaihtelee 1—4.2 cm.

**A n a t o m i a.** Juurten paksuus on 0.4—0.6 mm, keskusjanteen halkaisija 52—64  $\mu$ . SCHENCKin (1886, s. 60, Taulu X, kuva 77) esittämästä kuvauksesta käy ilmi, että keskusjanteen kaikki soluseinät, siiviläosia lukuunottamatta, ovat paksuntuneet. Tutkimissani juurissa en paksunemista kuitenkaan voinut huomata. Jänne on 4—5-kimppuinen. Siiviläputket sijaitsevat lieriöketossa Endodermissolujen seinät ovat useimmissa juurissa vähän paksuntuneet, mutta vanhemmissa juurissa paksuneminen ja puutuminen on hyvin voimakasta (vrt. FONTELL 1908—09, s. 83). Ohutseinäisiä läpäisysoluja kuitenkin on. Soluvälisysteemi on  $\pm$  kehittynyt varsinkin kuoren ulko-osissa, missä soluvälit ovat säteittäisiä ja toisistaan vain kapeitten solurihmojen eroittamia. Eksoder-

miksen muodostavat säännölliset 5—6-kulmaiset paksuseinäiset solut. FONTELLIN (1908—09, s. 83) kuvauksen mukaan seinien sekundääriset paksunnokset ovat puutuneet, mutta primääriset seinät korkkiutuneet. Epidermis on verraten suurisoluinen ja varsinkin vanhemmista juurista melkein kokonaan hävinnyt. Juurikarvat ovat pitkiä (0.8—2.3 mm) ja esiintyvät hyvin runsaina, pitkin koko juurta. Myöskin II luokan juurissa, jotka ovat n. 0.2 mm paksuja, juurikarvoja (0.1—1.6 mm pituisia) on runsaasti.

*Potamogeton perfoliatus.*

**U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y y s u l o t t u v a i s u u s.** J u u r a k k o on 0.2—0.4 cm paksu ja haarautuva sijaiten  $\pm$  pinnansuuntaisena 0—2 cm syvällä. J u u r i s t o n muodostavat lisäjuuret, joita lähtee säteettäin juurakon nivelkohdista 10—12 kpl. Juurten pituus on 14.5—21.5 cm. Useimmat niistä kasvavat ensin pinnansuuntaisina ja kaartavat vähitellen alaspäin. Toiset juuret sitävastoin ensin suuntautuvat alaspäin kaartaen sitten jonkin verran sivulle. Juuriston syvyys on 0.5—11.5 cm. FONTELLIN (1908—09, s. 71) kuvauksen mukaan II luokan juuria ei ole. Kuitenkin huomasin niitä, 0.7—1.8 cm pituisia, hyvin vähän muutamissa juurissa.

**A n a t o m i a** (kuva 2 d). Juurten paksuus on 0.4—0.5 mm ja keskusjanteen halkaisija 60—72  $\mu$ . Siiviläputkia on 5 sijaiten lieriöketossa, kuten muillakin *Potamogeton*-lajeilla. Putkilo-osat eivät värjäydy aniliinisulfaatilla ja ovat sentähden vaikeasti eroitettavissa. Ainoastaan janteen keskellä voidaan nähdä 2—3 leveämpää (9—15  $\mu$ ) putkiloa. Endodermiksen kaikki seinät ovat vähän paksuntuneet ja heikosti puutuneet. Lämpäisysoluja, joista SAUVAGEAU (1889, s. 71) mainitsee, en voinut huomata. Kuoren säteettäinen soluvälisysteemi on kehittynyt pidemmälle kuin *P. natans*illa ulottuen subeksodermikseen asti. Eksodermiksen muodostavat pienet säännölliset, 5—6-kulmaiset solut. Soluseinät ovat hyvin vähän paksuntuneet ja heikosti puutuneet. FONTELLIN (1908—09, s. 72) havaintojen mukaan ovat solujen nurkat korkkiutuneet. Epidermissolut ovat eksodermissoluja huomattavasti suurempia. Juurikarvoja on hyvin runsaasti pitkin koko juurta (vrt. FRANÇOIS 1908, s. 97—98). Ne ovat suhteellisen pitkiä (0.8—1 mm)

Myöskin 0.15—0.2 mm paksuissa II luokan juurissa on runsaasti juurikarvoja (0.1—1 mm pituisia).

*Alisma plantago.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät mukulamaiseksi turvonneen viherverson tyvestä. Toiset juuret, jotka ovat 5—22 cm pitkiä, kasvavat ensin aivan pinnansuuntaisina ja kaartavat sitten alaspäin ulottuen enintään 7 cm syvälle. Sitävastoin toiset, 16—19 cm pitkät juuret, tunkeutuvat vinosti alaspäin 6—15 cm syvälle. II luokan juuria, jotka ovat 2—2.5 cm pitkiä, on pinnansuuntaisissa juurissa enemmän kuin vinosti alaspäin kasvavissa. Juurissa on siis lievää kaksimuotoisuutta, mikä myös toistuu niiden sisärakenteessa.

**Anatomia** (kuva 2 e). Pintajuurten paksuus on 0.4—0.6 mm. Keskusjänne on 3—5-kimppuinen ja läpimitaltaan 48—80  $\mu$ . Putkilo-osat ovat muodostuneet 2—3 putkilosta ja yhtyvät keskellä yhdeksi leveämmäksi (24—35  $\mu$ ) putkiloksi. FREIDENFELTIN (1904, s. 37) toteamia paksuseinäisiä soluja, jotka  $\pm$  ympäröivät siiviläosia, on näissä juurissa. Endodermiksen kaikki seinät ovat selvästi paksuntuneet ja puutuneet (vrt. SIEDLER 1892, s. 434 ja FREIDENFELT 1904, s. 37). Putkilo-osien kohdalla on kuitenkin 1—3 ohutseinäistä läpäisyysolua. Endodermiksen ulkopuolella on kaksi kuoren solukerrosta, joista varsinkin sisimmän solut ovat paksuseinäisiä ja jonkinverran venyneet tangentin suunnassa. Kuoren keskiosan muodostavat  $\pm$  pitkä- ja kapeasoluiset, säteettäiset solurivit. Näiden väliin jää suuret, säteettäiset soluvälit, jotka ulottuvat subeksodermikseen asti. Subeksodermiksen solut ovat sisäänpäin hiukan pyöristyneet ja seinistään vain vähän paksuntuneet. VAN TIEGHEM (1871, s. 162) sanoo subeksodermiksen ja ohutseinäisen eksodermiksen syntyneen yhdestä solukerroksesta siten, että solut ovat jakautuneet kahtia tangentiaalisten seinien kautta. Vinosti alaspäin suuntautuvat juuret ovat 0.7—1.2 mm paksuja.<sup>1</sup> Endodermis on kauttaaltaan ohutseinäinen.

<sup>1</sup> Keskusjänteiden halkaisija on 100—116  $\mu$ , jänne 3—5-kimppuinen. Siiviläosia ympäröivien solujen seinät eivät ole paksuntuneet.

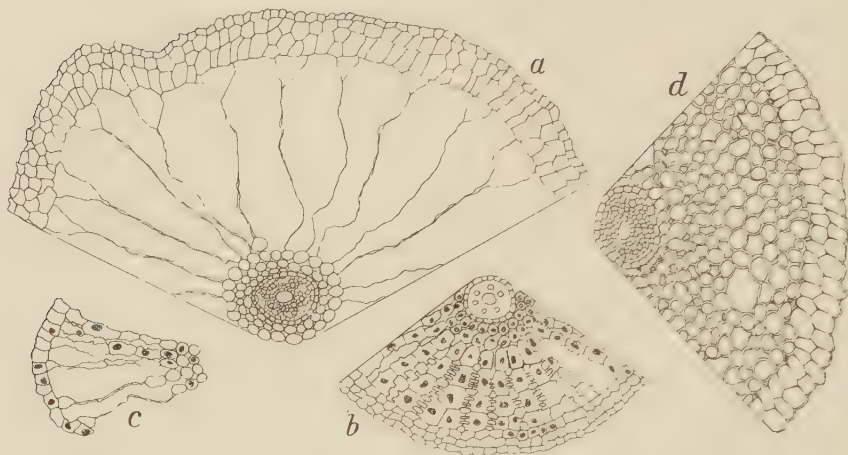


Niinikään on soluvälisysteemi heikommin kehittynyt. Niinpä endodermiksen ulkopuolella on tavallisesti 5 ehyttä solukerrosta, joissa solut kuoren ulko-osia kohti suurenevat ja pitenevät säteen suunnassa. Epidermissolut ovat kaikissa juurissa hyvin pieniä ja varsinkin vanhemmissa  $\pm$  hävinneet. Juurikarvoja n. 0.1 mm pitkiä, on sekä pinta- että syväjuurissa niukasti (vrt. FREIDENFELT 1904, s. 37). Niitä tavataan ainoastaan 2—3 cm etäisyydellä kärjestä n. 1 cm pituisella alalla. II luokan juurissa, joitten halkaisija on 147—150  $\mu$ , on juurikarvoja, 0.2—0.6 mm pitkiä, jonkin verran enemmän. Muuten nämä juuret anatomiselta rakenteeltaan ovat täydelleen FREIDENFELTin (1904, s. 37) kuvauksen mukaisia. — Anatomisia eroja ei hiekka- ja savipohjalta otetun aineiston välillä voi huomata.

### *Sagittaria sagittifolia.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat 5.5—29 cm pitkät lisäjuuret, jotka lähtevät joka suunnalle viherverson tyvestä. Kaikki juuret kasvavat ensin pinnansuuntaisina, ja kaartavat sitten alaspäin ulottuen 1—16 cm syvälle. II luokan juuria on hyvin vähän. Ne ovat 1.2—2.5 cm pitkiä ja kiinnittyvät n. 50° kulmassa.

**Anatomia** (kuva 3 a—c). Juurten paksuus on 0.8—1.2 mm. 100—120  $\mu$  paksun keskusjanteen keskellä on 1 suuri (33—39  $\mu$ ) putkilo. Jänne on 7-kimppuinen ja, putkiloita lukuunottamatta, ohutseinäinen. Kussakin putkilo-osassa on vain 1—2 pientä (halk. 8—12  $\mu$ ) putkiloa. Endodermis on seinistään vain vähän paksuntunut (vrt. SIEDLER 1892, s. 434). Kuoren perussolukon 2—3 sisimmän kerroksen solut ovat pyöreähköjä. Mutta niistä ulospäin alkavat hyvin kapeat säteettäiset solurihmat muodostaen pääosan kuoresta. Solurihmojen väliin jäävät hyvin suuret säteettäiset soluvälit. Soluvälisysteemi on siis päinvastoin kuin CHATIN (1856—62, s. 50) esittää, hyvin voimakkaasti kehittynyt. Nuori kuorisolukko (kuva 3 b) on ensin suuritumaista tähtitylppyä (vrt. SACHS (1870, s. 69 kuva 58). Solukon tultua vanhemmaksi solut vähitellen eroavat toisistaan samalla kun soluontelo kapenee ja tumat häviävät (kuva 3 c). Lopuksi soluontelo tulee niin pieneksi, ja seinät ovat painuneet niin toisiaan vastaan, että solurivit näyttävät vain



Kuva 3. a-c *Sagittaria sagittifolia*: a poikkileikkaus juuren tyveltä, b aivan läheltä kärkeä, c vähän kauempaa kärjestä. d *Elodea canadensis*: poikkileikkaus juuren tyveltä. (Kaikki 90 ×.)

Abb. 3. a-c *Sagittaria sagittifolia*: a Querschnitt durch die Wurzelbasis, b ganz aus der Nähe der Spitze, c etwas weiter von der Spitze. d *Elodea canadensis*: Querschnitt durch die Wurzelbasis. (Alle 90 ×.)

kapeilta rihmoilta (kuva 3 a). Kuoren 2—3 uloimman kerroksen solut ovat ohutseinäisiä,  $\pm$  5—6-kulmaisia ja liittyvät toisiinsa väleittä. Epidermissolut ovat myös ohutseinäisiä, mutta paljon pienempiä ja ulkoseinistään usein jonkin verran sisäänpainuneet. Juurikarvoja, joita SCHWARTZ (1883, s. 33) sanoo olevan ohuemmissa juurissa, en ole lainkaan nähnyt. — Hiekkapohjalta otettujen juurten anatomia ei eroa edellä kuvatuista savipohjalta otetuista juurista.

#### *Elodea canadensis*.

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juuriston muodostavat lehtihangoista lähtevät lisäjuuret. Kustakin lehtihangasta kehittyy 1—3 juurta, joiden pituus on 12.5—33 cm. Toiset juuret ovat suurimmaksi osaksi vedessä tunkien vain vähän kärkeään pohjaan. Toiset taas ovat kokonaan pohjan savessa ja suuntautuvat ensin vähän matkaa jokseenkin suoraan alaspäin kaartaen sitten sivulle. Juuriston syvyys on 6—11 cm. II luokan juuria ei ole.

**A n a t o m i a** (kuva 3 d). Juurten paksuus on n. 0.8 mm. Keskusjänne on heikosti kehittynyt (halk. 72–100  $\mu$ ). Puutumista ja seinien paksunemista ei voi huomata. Putkilo-osia, joita SCHENCK (1886, s. 62) sanoo olevan vain 4–5, on muutamissa tutkimissani juurissa ollut 6:kin, joskin niitä usein on vaikea erottaa. Keskellä on 1 leveämpi (27  $\mu$ ) putkilo. Endodermiksen sisä- ja ulkoseinät ovat ohuet, mutta säteettäiset seinät jonkin verran paksuntuneet (vrt. SCHENCK 1886, kuva 82). Kuorisolukko on  $\pm$  paksuseinäinen sekä hyvin säilynyt ja soluvälisysteemi siis heikosti kehittynyt. Kuoren uloin solukerros ja epidermis ovat muodostuneet 5–6-kulmaisista, soluväleittä toisiinsa liittyvistä soluista, joiden seinät vain nurkkakohdissa ovat jonkin verran paksuntuneet. Epidermiksen ulkoseinä on kuitenkin enemmän paksuntunut. Juurikarvoista ovat eri tutkijat olleet eri mieltä. Niinpä SCHENCKin (1886, s. 58) kuvauksen mukaan juurikarvoja ei ole lainkaan, kun taas KIRCHNERin (1908, I:1, s. 682) havaintojen mukaan niitä on niukasti ja vasta huomattavan matkan päässä juurihunnun takana. SCHWARTZ (1883, s. 33) ja SNELL (1908, s. 214) sitävastoin sanovat, että juurikarvoja on vain pohjaan tunkeutuneessa osassa, ja edellinen on mitannut niiden pituudeksi jopa 4 mm. Tutkimissani juurissa pohjaan tunkeutuneessa osassa juurikarvoja oli hyvin runsaasti, kun taas vedessä olevassa osassa niitä ei ollut lainkaan. Juurikarvojen suurimmaksi pituudeksi mittasin 3 mm.

### *Hydrocharis morsus ranae.*

**U l k o m o r f o l o g i a** ja **s y v y y s u l o t t u v a i s u u s**. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Kunkin lehtiruusukkeen kohdalta lähtee varresta 2–4 juurta. Juurten pituus on 15.5–65.5 cm. Useimmat niistä riippuvat vapaana vedessä (vrt. ARBER 1920, s. 42); muutamat kuitenkin tunkeutuvat 5–15 cm syvälle pohjaa peittävään kasvijätekerrokseen. FREIDENFELTin (1902, s. 166) ja KIRCHNERin (1908, I:1, s. 708) kuvausten mukaan juuret ovat haarattomia. Kuitenkin huomasi useilla yksilöillä muutamia 1.5–12.6 cm pitkiä II luokan juuria.

**A n a t o m i a**. Juurten paksuus on 1.2–1.6 mm, keskusjanteen halkaisija 144–172  $\mu$ . Putkilo-osia, joita VAN TIEGHEM (1870–71,

s. 165, 166) on huomannut vain 2 tai joskus 3, on 3—4. Kuitenkin neljäs putkilo-osa usein on vain 1 ainoan surkastuneen putkilon muodostama, kun taas muissa on 1—2 verraten leveätä (33—39  $\mu$ ) putkiloa. Ydinsolujen seinät ovat, päinvastoin kuin SIEDLER (1892, s. 435) sanoo, selvästi paksuntuneet. Samoin on yhdistyssolukkokin  $\pm$  paksuseinäinen. Endodermiksen ulko- ja sisäseinät ovat ohuet, mutta säteettäiset seinät jonkinverran paksuntuneet. Kuoren perus-solukon 2 sisintä solukerrosta on muodostunut pyöreistä ulospäin suurenevista soluista, joitten seinät ovat selvästi paksuntuneet. Mutta niistä ulospäin alkavat  $\pm$  pitkähköjen ja kapeiden solujen muodostamat solurivit, joitten väliin jäävät suuret säteettäiset soluvälit. Kuoren 2 uloimman kerroksen solut ovat isoja 5—6-kulmaisia ja liittyvät toisiinsa soluväleittä. Epidermissolut ovat vähän pienempiä ja niitten ulkoseinät jonkinverran muita paksummat. Juurikarvoja, n. 3 mm pitkiä, on hyvin paljon pitkin koko juurta. II luokan juuret ovat n. 0.5 mm paksuja. Niiden keskusjänne on 2-kimppuinen ja n. 144  $\mu$  paksu. Anatomiselta rakenteeltaan juuren haarat muistuttavat I luokan juurta. Sisäkuoressa on kuitenkin vain 1 paksuseinäinen solukerros. Juurikarvoja (1—2 mm pituisia) on hyvin runsaasti.

#### *Phragmites communis.*

U l k o m o r f o l o g i a ja s y v y y s u l o t t u v a i s u u s. Juurakko on 0.7—1 cm paksu, haarautuva ja sijaitsee vaakasuorasti 5—35 cm syvällä. Siitä kohoaa haaroja, jotka kehittyvät viherversoiksi. — Juuriston muodostavat lisäjuuret. Niitä lähtee juurakon nivelkohdista vaakasuorasta osasta 1—6 ja pystysuorasta 6—8 kpl. Vaakasuorasta juurakosta tunkeutuvat toiset juuret vinosti ja suoraan alaspäin, ollen syvyysulottuvaisuus pohjasta lukien 49—92 cm, juurakosta lukien 42—59 cm, kun taas toiset kasvavat jokseenkin pinnansuuntaisina. Syväjuurten pituus on 55—60 cm. Kaikissa näissä juurissa on hyvin vähän haaroja, ainoastaan II luokkaan kuuluvia. Haarojen pituus vaihtelee 0.3—0.5 cm. Juurakon pystyhaaroista lähtevistä juurista osa suuntautuu 0.5—1 cm syvällä vaakasuoraan sivulle, kun taas osa kaartuu vähitellen alaspäin, ulottuen enintään 10.5 cm syvälle. Pinta-juurten pituus on 50—66 cm. Haaroja, jotka kiinnittyvät 50°—60°



kulmassa, on näissä juurissa hyvin runsaasti. II luokan juuret ovat 3—15.3 cm, III luokan 1.5—4.2 cm ja IV luokan juuret 0.5—2 cm pitkiä.

**A n a t o m i a.** Pinnansuuntaiset, runsashaaraiset juuret ovat n. 1 mm paksuja. Keskusjanteen halkaisija on n. 0.3 mm. Jänne on 10—19-kimppuinen ja putkilo-osat ulottuvat endodermikseen asti. Kehässä ydinsolukon ympärillä on 9 leveämpää (30—45  $\mu$ ) putkiloa. Ydinsolukon, varsinkin sen ulko-osien, ja yhdistyssolukon seinät ovat paksuntuneet ja hyvin voimakkaasti puutuneet. Lieriöketto, jonka KLINGE (1879, s. 40) sanoo muodostuneen 2—3 solukerroksesta, on havaintojeni mukaan vain 1-kerroksinen ja puutunut. Endodermiksen ja kuoren perussolukon rakenne on KLINGEN (1879, ss. 16, 29) ja FREIDENFELTIN (1904, s. 24) kuvausten mukainen, joten viittaaan heidän kuvauksiinsa. Eksodermis on muodostunut säännöllisistä, kuusikulmaisista, ohutseinäisistä soluista, joitten seinät ovat puutuneet (vrt. FREIDENFELT 1904, s. 24; taulu I, kuva 18). Myöskin II luokan juurissa ne ovat  $\pm$  puutuneet. SIEDLERIN (1892, s. 432) tieto siitä, että eksodermis jo 5 mm kasvupisteen yläpuolella olisi puutunut, päinvastoin kuin FREIDENFELT (1904, s. 25) väittää, on tutkimissani juurissa osoittautunut oikeaksi. Epidermiksen rakenne on tutkimissani juurissa osoittautunut sellaiseksi kuin FREIDENFELT (1904, s. 24 ja Taulu I kuva 18) sen kuvaa. Kaikki epidermissolut eivät siis ole, kuten KLINGEN (1879, s. 4, Taulu II kuva 22) kuvauksesta voisi päättää, seinistään yhtä paksuja, vaan siellä täällä, joko yksitellen tai pienissä ryhmissä, on soluja, joilla varsinkin ulkoseinät ovat huomattavasti paksuntuneet. Jo n. 5 mm päässä juuren kärjestä ovat epidermissolut kahdenlaisia. METSÄVAINION (1931, s. 74) kuvauksen mukaan I luokan juurissa on valkeita 0.25—0.42—0.80 mm pitkiä juurikarvoja; II luokan juurissa niitä on vähemmän ja III luokan juurissa ainoastaan vähän. Tutkimissani I luokan juurissa oli juurikarvoja vähän, 0.2—0.4 mm pitkiä, esiintyen pitkin koko juurta; II—IV luokan juurissa niitä en nähnyt. — Juurakon vaakasuorasta osasta lähtevät juuret ovat paksumpia (1.3—3 mm) kuin edellä kuvatut.<sup>1</sup> Keskiset ydinsolut eroavat edellisistä siinä, että ne ovat ohutseinäisiä

<sup>1</sup> Keskusjanteen halkaisija on 0.2—0.5 mm, jänne 16—23-kimppuinen ja suurimpien putkiloitten halkaisija 45—90  $\mu$ .

ja puutumattomia sekä sisältävät tärkkelystä.<sup>1</sup> Kiviseltä pohjalta otettujen juurten sisärakenne ei eroa edellä kuvatuista.

*Glyceria fluitans.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät yhtenä kimpuna viherverson tyvestä. Juurten pituus on 18.5—45 cm. Toiset niistä kasvavat ensin pinnansuuntaisina kaartuen sitten alaspäin, kun taas toiset suuntautuvat sekä vinosti että suoraan alaspäin ulottuen 6—40 cm syvälle. II luokan juuria on verraten runsaasti, mutta III luokan juuria hyvin vähän. Edelliset ovat 0.2—3 cm pitkiä ja kiinnittyvät 10°—20° kulmassa. Jälkimmäisten pituus on 0.1—1.3 cm.

**Anatomiasta** FREIDENFELT (1904, s. 22) esittää hyvin tarkan kuvauksen, joka melkein joka suhteessa soveltuu tutkiמיני yksilöihin. Kuvaan kuitenkin juuren sisärakenteen lyhyesti omien havaintojeni mukaan. Juurten paksuus on 0.7—1.2 mm. Keskusjänne on 7—11-kimppuinen ja läpimitaltaan 92—104  $\mu$ . Jänteen keskellä on tavallisesti 1 suuri (39—48  $\mu$ ) putkilo. Endodermiksen sisäseinät ovat  $\pm$  paksuntuneet. Subeksodermaalisen kerroksen sisäseinät, päinvastoin kuin FREIDENFELTIN (1904, Taulu II, kuva 21) esittämästä kuvasta käy ilmi, ovat jokseenkin yhtä ohuet kuin säteettäisetkin seinät. Sitävastoin sen ulkoseinät ovat voimakkaasti paksuntuneet ja puutuneet (vrt. KLINGE 1879, s. 15 ja FREIDENFELT 1904, s. 23). Epidermis on vanhemmissa juurissa suurimmaksi osaksi hävinnyt. Juurikarvoja, jotka ovat 0.1—0.4 mm pitkiä, on nuoremmissa I luokan juurissa verraten runsaasti pitkin koko juurta. II ja III luokan juurien sisärakenne on FREIDENFELTIN (1904, s. 23) kuvauksen mukainen, joskaan II luokan juurissa en ole huomannut kuorisolukon säteettäisten seinien limautumista. Juurikarvoja ei ole.

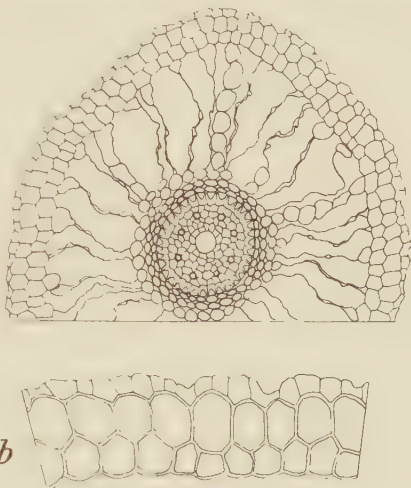
<sup>1</sup> Juurikarvoja, 0.3—0.6 mm pituisia, on jokseenkin runsaasti pitkin koko juurta. II luokan juurten paksuus on 0.3—0.5 mm. Juurikarvoja, 0.5—1.3 mm pitkiä, on verraten runsaasti.

*Scolochloa festucea*.

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juurakko on n. 0.5 cm paksu, vaakasuora ja haarautuva sijaiten jokseenkin pinnansuuntaisena 4—6 cm syvällä. Siitä kohoa viherversoiksi kehittyviä haaroja, joiden tyveä voidaan pitää juurakkona. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Kustakin juurakon nivelestä lähtee 5—13 juurta, joiden pituus on 18.5—25 cm. Juurakon pystyhaaroista juuret kasvavat pinnansuuntaisina, kun taas vaakasuorasta juurakosta ne ulottuvat säteettäin joka suunnalle. Juuriston syvyys on 1.5—17.5 cm. II luokan juuria on kaikissa täysin kehittyneissä juurissa hyvin runsaasti. Niiden pituus on 1.7—5.5 cm ja kiinnittymiskulma n. 30°. III luokan juuret ovat lyhyitä (0.3—0.7 cm) ja niitä on hyvin vähän.

**Anatomia** (kuva 4). Juurten paksuus on 0.5—0.7 mm, keskusjanteen halkaisija 72—80  $\mu$ , jänne 6—9-kimppuinen. Putkilo-osissa on 1—2 lieeriökettoon liittyvää ahdasta

putkiloa. Sitäpaitsi on janteen keskellä 1 leveämpi (27—36  $\mu$ ) putkilo. Yhdistyssolukko ja lieeriöketto ovat  $\pm$  puutuneet. Endodermiksen säteettäiset ja sisäseinät ovat huomattavasti paksuntuneet. Läpäisysoluja tutkituissa juurissa ei kuitenkaan ollut. Kuoren perusolukon 1—2 sisimmän kerroksen solut ovat  $\pm$  paksuseinäisiä ja jonkinverran venyneet tangentin suunnassa. Niistä ulospäin on vielä 1—2 ehyttä pyöreäsoluista kerrosta, mutta sen jälkeen alkavat kapeitten solujen muodostamat useinkin melkein rihmamaisilta näyttävät, säteettäiset solurivit, joitten väliin jää suuret soluvälit. Kuoren



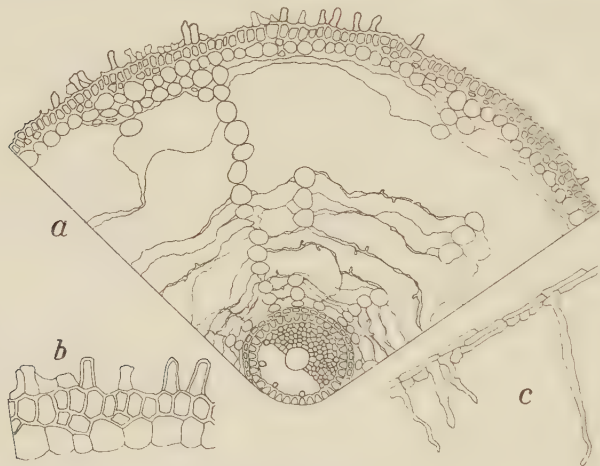
Kuva 4. *Scolochloa festucea*: a poikkileikkaus juuren tyveltä (125  $\times$ ), b epidermistä ja ulokuorta nuorehkoista juuresta (300  $\times$ ).

Abb. 4. *Scolochloa festucea*: a Querschnitt durch die Wurzelbasis (125  $\times$ ), b Epidermis und äussere Rinde einer ziemlich jungen Wurzel (300  $\times$ ).

2 uloimman kerroksen soluseinät ovat jonkinverran paksuntuneet ja heikosti puutuneet (kuva 4 b). Solut ovat 5—6-kulmaisia ja liittyvät toisiinsa soluväleittä. Epidermis on  $\pm$  hävinnyt tai muodostunut hyvin ohutseinäisistä, pienehköistä soluista. Juurikarvat puuttuvat. Vanhoissa, ruskeissa juurissa ulkokuoren soluseinät ovat ohuita ja heikosti puutuneita. Epidermissolut ovat joko kuolleet, joten niiden sisällys näyttää tummalta tai kokonaan hävinneet. II luokan juuret ovat n. 0.2 mm paksuja. Ne eroavat I luokan juurista siinä, että keskusjängteessä on vain 2 putkiloosaa, joissa kummassakin vain 1 putkilo. Keskistä putkiloa ei ole.

*Scirpus lacuster.*

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurakko on n. 1 cm paksu ja haarautuva, sijaiten jokseenkin pinnansuuntaisena n. 11 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Ylimmät n. 3 cm syvältä lähtevät nuoret juuret ovat 4—5 cm pitkiä, haarattomia ja kasvavat suoraan sivullepäin. Vähän alemmaa lähtee juurakosta 9—36 cm pitkiä juuria. Niistä toiset suuntautuvat ensin vaakasuoraan sivulle kaartuen sitten



Kuva 5. *Scirpus lacuster*: a poikkileikkaus juuren tyveltä (90  $\times$ ), b juurikuorta ja epidermistä poikkileikkauksesta (200  $\times$ ), c juurikarvoja juuren pitkittäisleikkauksesta (90  $\times$ ).

Abb. 5. *Scirpus lacuster*: a Querschnitt durch die Wurzelbasis (90  $\times$ ), b Rinde und Epidermis im Querschnitt (200  $\times$ ), c Wurzelhaare an einem Längsschnitt (90  $\times$ ).



alaspäin, kun taas toiset tunkeutuvat  $\pm$  vinosti alaspäin. Juuriston syvyys on 23,5—25 cm. Haaroja, mutta ainoastaan II luokkaan kuuluvia, on runsaasti kaikissa täysin kehittyneissä juurissa. Ne ovat 0.8—2.5 cm pitkiä ja kiinnittyvät  $40^{\circ}$ — $50^{\circ}$  kulmassa.

**A n a t o m i a** (kuva 5). Juurten paksuus on n. 1 mm, keskusjännteen halkaisija 0.1—0.15 mm, jänne 7—9-kimppuinen. Putkilo-osat ovat muodostuneet vain yhdestä pienestä putkilosta ja ulottuvat endodermikseen asti (vrt. SIEDLER 1892, s. 431). Keskellä jännettä on 1 leveä (42  $\mu$ ) putkilo. Yhdistyssolukon seinät ovat  $\pm$  paksuntuneet ja puutuneet. Myöskin endodermiksen säteettäiset ja varsinkin sisäseinät ovat huomattavasti paksuntuneet. Kuoren perussolukon sisimmän kerroksen solut ovat niinkään paksuseinäisiä ja  $\pm$  venyneet tangentin suunnassa. Siitä ulospäin on kuoressa 7—10 pyöreähköjen solujen muodostamaa säteettäistä soluriviä. Muuten solukko on niin hävinnyt, että jäljellä on vain kapeita tangentin suuntaisia rihmoja. Solurihmojen väliin jääneet suuret soluvälit ovat KLINGEN (1879 s. 29) kuvauksen mukaan syntyneet tangentiaalisten soluseinien limautuessa. Kuoren uloin kerros, eksodermis, on seinistään paksuntunut ja värjäytynyt ruskeaksi. Jo juuren kärjessä, jota juurihuntu vielä ympäröi, kuoren ulko-osien soluseinät ovat  $\pm$  paksuntuneet. Epidermissoluissa on jo FREIDENFELT (1904, s. 14) huomannut kaksimuotoisuutta. Useimmat epidermissoluista ovat nim. ohutseinäisiä ja varsinkin juuren tyvi-osassa  $\pm$  hävinneet. Mutta näiden joukossa on paksuseinäisiä kapeampia ja pidempiä sekä usein terävähköön kärkeen päättyviä soluja (kuva 5 b). Juurikarvoja (kuva 5 c) olen, päinvastoin kuin FREIDENFELT (1904, s. 14), nähnyt, joskin ne ovat  $\pm$  harvassa ja esiintyvät verraten kaukana (n. 6 mm) kärjestä. Juurikarvojen pituus on 0.3—0.4 mm. II luokan juuret ovat n. 0.17 mm paksuja. Keskusjänne on vain 2-kimppuinen. Juurikarvoja, 0.1—0.8 mm pitkiä, on enemmän kuin I luokan juurissa.

**S a v i p o h j a l t a** otetuissa juurissa II luokan juuret ovat lyhyempiä (0.5—0.7 cm) ja niitä on huomattavasti vähemmän kuin edellä kuvatuissa hiekkapohjan juurissa. Juurten sisärakenteessa ei ole eroa hiekka- ja savipohjalta otetun aineiston välillä.

*Scirpus eupaluster.*

U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y y s u l o t t u v a i s u u s. Juurakko on vaakasuora ja haarautuva sijaiten 2.5—4 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät kimputtain juurakosta viherversojen tyvestä. Aivan nuoret 1—2 cm pitkät, valkeat ja haarattomat juuret kasvavat suoraan sivulle 1—5 cm syvällä. Vähän vanhemmat 6—28.6 cm pituiset, keltaiset ja jonkinverran haarautuneet juuret suuntautuvat joko vinosti tai suoraan alaspäin, kun taas kaikkein vanhimmat, ruskeat juuret kasvavat ensin jokseenkin pinnansuuntaisina kaartuen sitten alaspäin. Viimemainittujen pituus on 9—34 cm ja haarautuminen hyvin runsas. Juuriston syvyys on 3—18.5 cm. Haarot, jotka ovat ainoastaan II luokkaan kuuluvia, ovat 0.3—1.6 cm pitkiä ja kiinnittyvät 75°—90° kulmassa.

A n a t o m i a. Juurten paksuus on n. 0.8 mm, keskusjälkeen halkaisija n. 0.1 mm, jänne 7—10-kimppuinen ja, putkiloita lukuunottamatta, ohutseinäinen. Kussakin putkilo-osassa on vain 1—3 ka-peata kierreputkiloa, jotka sijaitsevat lieriöketossa. Sitäpaitsi on jälkeen keskellä, kuten KLINGE (1879, s. 46) jo mainitsee, 1 leveä (33—36  $\mu$ ) porrasputkilo, siis päinvastoin kuin HEIBERG (1867—68, s. 219), joka arvelee sen muodostuneen paksuseinäisistä ydin-soluista, on käsittänyt. Juuren kärjessä keskistä putkiloa vastaa solu, jossa on plasmaa ja tuma ja joka juuren tyveä kohti suurenee. Endodermiksen kaikki seinät ovat suunnilleen samanverran paksuntuneet. Caspary'n pisteitä en, päinvastoin kuin KLINGE (1879, s. 25), ole nähnyt nuorissakaan juurissa. Kuoren soluvälit ovat suuret ja tangentialiset sijaiten säteettäisissä riveissä. KLINGEN (1879, s. 29) kuvauksen mukaan ne ovat syntyneet tangentialisella limautumisella. Epidermissolut ovat kaikki ohut-seinäisiä. Juurikarvoja, 0.16—0.4 mm pitkiä, on aivan nuorissa juurissa vain aniharvoja siellä täällä. Vähän vanhemmissa, keltaisissa juurissa niitä on enemmän, 0.3—0.6 mm pituisia, varsinkin juuren keskikohdalla. II luokan juurissa juurikarvoja, jotka ovat 0.08—0.1 mm pitkiä, on ainoastaan muutamia. — Hiekkapohjalta otetuissa juurissa haaraisuus on runsaampi kuin yllä kuvatuissa savipohjan juurissa ja haarat jonkinverran pidempiä (0.8—1.8 cm). Runsaan haaraisuuden huomaa varsinkin keltaisissa juurissa. HEI-

BERG (1867—68, s. 186) sanoo, että juurten absoluuttinen pituus »er meget vexlende og synes at afhaenge af det Mediums Beskaffenhed, hvori de ere nedsaenkede; paa kraftige Exemplarer kunne de blive indtil 12 centim. og derover lunge». Sanottavaa eroa en kuitenkaan huomannut hiekka- ja savipohjalta otettujen yksilöitten juurien pituudessa, jos yksilöt olivat jokseenkin yhtä voimakkaasti kehittyneet. — Anatomisia eroja hiekka- ja savipohjalta otettujen juurien välillä ei ole.

*Scirpus acicularis.*

**U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y s u l o t t u v a i s u u s.** Juurakko on n. 0.4 mm paksu ja sijaitsee jokseenkin pinnan-suuntaisena n. 0.8 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät juurakosta kimputtain versojen tyvestä. Ne ovat 3.5—9.5 cm pitkiä ja kasvavat kaikki joko vinosti tai suoraan alaspäin ulottuen enintään 8.5 cm syvälle. Toiset juurista ovat hyvin hentoja ja vähähaaraisia, mutta muutamissa, suoraan alaspäin suuntautuissa ja  $\pm$  paksummissa juurissa niitä on jonkin verran runsaammin. Haarojen pituus on 0.2—1.9 cm.

**A n a t o m i a n** on KLINGE (1879; vrt. taulu II, kuva 21) jo hyvin tarkkaan tutkinut. Esitettäköön silti kotimaisesta aineistosta tehty kuvaus. Juurten paksuus on 0.2—0.3 mm, keskusjängteen halkaisija 28—50  $\mu$ . Jänne on 4-kimppuinen ja sen kaikki seinät, siiviläosia lukuunottamatta,  $\pm$  paksuntuneet ja puutuneet. Kussakin putkilo-osassa on vain yksi ahdas (3—9  $\mu$ ) putkilo, joka sijaitsee lieriöketossa. Sitäpaitsi on jängteen keskellä yksi laajempi putkilo (8—17  $\mu$ ). Endodermiksen kaikki seinät ovat voimakkaasti paksuntuneet ja puutuneet. Kahden solukerroksen muodostama sisäkuori on paksuseinäinen (vrt. KLINGE 1879, s. 18 ja RAUNKIAER 1895—99, s. 474). Solut ovat sitäpaitsi  $\pm$  venyneet tangentin suunnassa. Kuoren muut, ulointa kerrosta lukuunottamatta,  $\pm$  pyöreähköt solut ovat säteettäisissä riveissä. Soluvälisysteemi on, kuten muillakin *Scirpus*-lajeilla, hyvin kehittynyt. Soluvälit ovat tangentialisia ja sijaitsevat sääteettäisissä riveissä ollen KLINGEN (1879, s. 29, taulu II, kuva 21 b) kuvauksen mukaan syntyneet tangentialisesta limautumisesta. Eksodermissolut ovat suuria, ohutseinäisiä ja liittyvät soluväleittä suurisoluiseen epi-

dermikseen. Epidermissolujen ulkoseinät ovat usein  $\pm$  sisäänpäin painuneet ja toisin paikoin solut kokonaan hävinneet. Juurikarvoja, 0.2—1.0 mm pituisia, on vähän, esiintyen paikoitellen siellä täällä pitkin koko juurta. II luokan juuret ovat 0.07—0.13 mm paksuja. Keskusjänne on vain 2-kimppuinen. Juurikarvoja on vähän. Niiden pituus on 0.1—0.4 mm.

*Carex gracilis.*

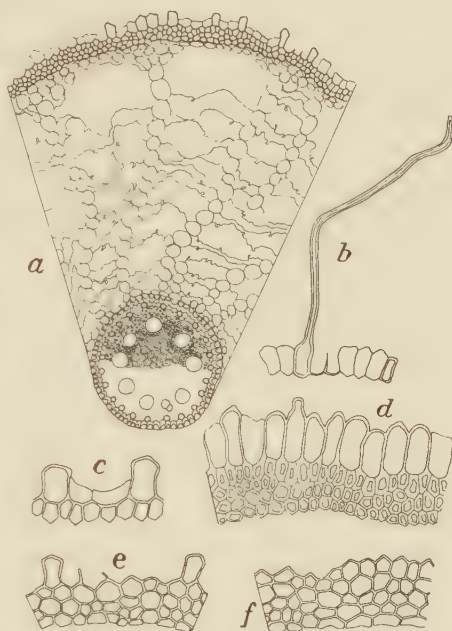
**Ulkomorfologia ja syvyyssulottuvaisuus.** Juurakko on haarautuva ja sijaitsee  $\pm$  pinnansuuntaisena 8—16 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Suurin osa niistä lähtee isona kimppuna viherverson tyvestä ja vain muutamia sieltä täältä muualta juurakosta. Juurissa on selvää kaksimuotoisuutta. Toiset juuret kasvavat jokseenkin pinnansuuntaisina ulottuen jopa 70 cm sivullepäin. Näitten juurien suurin pituus on 73 cm ja suurin syvyys 11 cm. II ja III luokan juuria on hyvin runsaasti. Edelliset ovat 1.5—6.6 cm pitkiä ja kiinnittyvät n. 40° kulmassa, kun taas jälkimmäisten pituus vaihtelee 0.6—3 cm. Toiset juuret sensijaan tunkeutuvat vinosti ja muutamit jokseenkin suoraan alaspäin. Näiden juurien suurimmaksi pituudeksi mittasin 102 cm ja suurimmaksi syvyydeksi 66.5 cm. Luvut eivät kuitenkaan ole aivan tarkkoja, sillä kaikkein pisimpiä juuria en saanut esiin kokonaisina. II ja III luokan juuria on vähemmän kuin pinnansuuntaisissa juurissa. Edellisten pituus on 3.2—3.9 cm ja jälkimmäisten 0.5—0.8 cm.

**Anatomia** (kuva 6 a—d). Pinnansuuntaisten juurten paksuus on n. 0.8 mm. Keskusjätteessä, jonka halkaisija on 0.13 mm, ovat ydin- ja yhdistyssolukko voimakkaasti paksuntuneet ja puutuneet. Jänne on 14—16-kimppuinen, mutta ytimen ympärillä on vain 5—11 laajaa (15—21  $\mu$ ) putkiloa. Putkilo-osat ulottuvat endodermikseen asti. Alaspäin tunkeutuvat juuret ovat paksumpia (1.43 mm) kuin pinnansuuntaiset. Keskusjänne, jonka halkaisija on 0.26 mm, on 23—27-kimppuinen. Sisemmän kiehkuran putkilot ovat suurempia (27—45  $\mu$ ) kuin edellä kuvatuissa juurissa. Juuren kärjessä on vain 1 keskinen leveämpi putkilo. Endodermiksen sisäseinät ovat kaikissa juurissa huomattavasti paksuntuneet ja värjäytyneet ruskeiksi. Suurimman osan kuoresta



muodostavat  $\pm$  pyöreäsoluiset, tärkkelysriikkaat säteettäiset solurivit (pinnansuuntaisissa 11–22 ja alaspäin tunkeutuvissa juurissa 14–20). Näitä yhdistävät rihmamaiset solukkojanteet muodostaen suuria tangentialisia soluvälejä (kuva 6 a). Kuoren 3 ulointa kerrosta ovat muodostuneet juuren pituussuuntaan pitkistä, kapeista niinisyiden kaltaisista soluista, joiden seinät ovat paksuntuneet ja ruskeat. Epidermissolut ovat kahdenlaisia. Suurin osa niistä on ohutseinäisiä, mutta siellä täällä on pidempiä paksuseinäisiä soluja (kuvat 6 b ja 6 c). Epidermissolujen erilaisuus esiintyy jo lähellä juuren kärkeä. Juurikarvoja (kuva 6 b), 0.3–0.9 mm pitkiä, on hyvin runsaasti pitkin koko juurta. Myös II luokan juurissa ovat epidermissolut kahdenlaisia. Juurikarvoja, 0.4–1.2 mm pituisia, on niinkään runsaasti. III luokan juurissa niitä on vähemmän; pituus vaihtelee 0.3–1 mm.

Kivisen pohjan yksilöitten juuret eroavat edelläkuvatuista savipohjalta otetuista juurista kuoren ja epidermisen rakenteessa. Soluvälisysteemi on nim. heikommin kehittynyt ja kuorisolukko paremmin säilynyt. Säteettäisyys on kuoressa selvempi ja säteettäisten solurivien lukumäärä suurempi. Niinkään ovat kuoren uloimpien kerrosten seinät enem-



Kuva 6. a–d *Carex gracilis*: a poikkileikkaus alaspäin tunkeutuvan savipohjajuuren tyveltä, b, c epidermistä ja ulointa kuorta savipohjalta, d samoja kivikkopohjalta. e, f *C. vesicaria*: e epidermistä hieman jäljellä juuren tyviosan pinnassa, f epidermis hävinnyt. (a 75  $\times$ , b–f 200  $\times$ .)

Abb. 6. a–d *Carex gracilis*: Querschnitt durch die Wurzelbasis einer senkrecht in den Tonboden eindringenden Wurzel, b, c Epidermis und äussere Rinde einer solchen Wurzel, d desgl. von steinigem Boden. e, f *C. vesicaria*: e Epidermisreste auf der Wurzeloberfläche aus der Nähe der Wurzelbasis, f Epidermis verschwunden. (a 75  $\times$ , b–f 200  $\times$ .)

män paksuntuneet ja epidermiksessä on enemmän paksuseinäisiä soluja (kuva 6 d) kuin savipohjalta otetuissa juurissa.

*Carex vesicaria.*

Ulkomorfologiaa ja syvyyssulottuvaisuutta on METSÄVAINIO (1931, s. 113) jo tutkinut ja esittää siitä kuvauksen, joka pääpiirteissään soveltuu tutkimiini juuriin. Omat havainnot silti esitettäköön. Juurakko on vaakasuora ja haarautuva sijaiten 2—3 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka, muutamia yksityisiä juuria lukuunottamatta, lähtevät kimputtain viherversojen tyvestä. Juurissa voi huomata jonkin verran kaksimuotoisuutta, joskaan ei niin selvää kuin *C. graciliksella*. Toiset jossain määrin ohuimmat ja runsaasti haarautuneet juuret kasvavat ensin aivan pinnansuuntaisina ja kaartuvat sitten vähitellen alaspäin. Sitävastoin toiset  $\pm$  paksummat ja vähähaaraisemmat juuret tunkeutuvat vinosti ja jokseenkin suoraan alaspäin. Pintajuurten pituus on 19—44 cm, syvyyssulottuvaisuus 4—12 cm ja syväjuurten pituus 58—62 cm sekä syvyys 40—50 cm. Luvut eivät kuitenkaan ole aivan tarkkoja, sillä kaikkein pisimpiä juuria valitettavasti en saanut esiin kokonaisina. II luokan juuret ovat 3—4 cm pitkiä ja kiinnittyvät  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$  kulmassa. Katkenneissa I luokan juurissa haarat ovat paksumpia ja pidempiä (5.5—13 cm). III luokan juuria on jokseenkin runsaasti, enintään 3 cm pituisia. Katkenneissa I luokan juurissa on sitäpaitsi vielä joitakin hyvin lyhyitä (0.6—0.8 cm) IV luokan juuria. Alaspäin suuntautuneissa juurissa on vain II luokan juuria, pituudeltaan 1—1.7 cm.

Anatomia (kuva 6 e—f) on suuressa määrin samanlainen kuin *C. graciliksella*. Pintajuurten paksuus on n. 1.1 mm, keskuseränteiden halkaisija n. 0.17 mm. Jänne on 14—15-kimppuinen ja putkilo-osat ulottuvat endodermikseen asti. Ydin on voimakkaasti puutunut. Sen ympärillä on 6—7 leveämpää (18—33  $\mu$ ) putkiloa. Endodermiksen sisäseinät ovat paksuntuneet ja väriltään vaalean ruskeat. Kuoren soluvälit ovat tangentialisia sijaiten 12—15 säteettäisessä rivissä. Kuoren 4—5 ulointa kerrosta on pieni-soluisia ja solut puutunutkettöisiä liittyen toisiinsa soluväleittä (kuvat 6 e-f). Epidermis, joka METSÄVAINION (1931, s. 114, 116)

kuvauksen mukaan on jokseenkin suurisoluinen, on useimmiten juurten tyviosasta hävinnyt (kuva 6 f). Kuitenkin joskus siitä on jällellä muutamia paksuseinäisiä soluja (kuva 6 e), joita esiintyy myöskin II luokan juurissa. Juurikarvoja, 0.3—0.5 mm pituisia, on jonkinverran pitkin koko juurta, joskaan ei niin runsaasti kuin *C. graciliksella*. Myös II (paksuus 0.10—0.13 mm) ja III luokan juurissa on juurikarvoja. Edellisten pituus on 0.08—0.1 mm, jälkimmäisten 0.06—0.3 mm.

Syväjuurten paksuus on 1.2—1.7 mm, keskusjanteen halkaisija 200—350  $\mu$ , jänne 16—19-kimppuinen. Suurimpien putkiloitten halkaisija on 36—48  $\mu$ . Muuten syväjuurten anatomia ei eroa pinta-juurista. Juurikarvoja, 0.4—0.7 mm pituisia, on runsaasti pitkin koko juurta. II luokan juuret ovat 0.14—0.25 mm paksuja. Juurikarvoja, joiden pituus on 0.3—0.7 mm, on runsaasti.

### *Iris pseudacorus.*

**U l k o m o r f o l o g i a   j a   s y v y y s u l o t t u v a i s u u s .**  
Juurakko on 1.5—2.4 cm paksu ja vaakasuora sijaiten 2—16.5 cm syvällä. Sen rakenteen on BUXBAUM (ks. KIRCHNER 1932, I:3, s. 956—958) jo tarkoin tutkinut, joten ainoastaan viittaa hänen kuvaukseensa. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Havaintoni juurten ulkomorfologiasta ovat BUXBAUMIN (ks. KIRCHNER 1932, I:3, s. 953) kuvauksen mukaisia. Juurissa on selvää kaksimuotoisuutta. Toiset niistä, kiinnitysjuuret, lähtevät yleensä juurakon alapinnasta. Nämä juuret ovat paksuja, vähähaaraisia tai haarattomia ja tyvi-osassaan poimuksia. Poimut ovat syntyneet juurten kutistuessa. Juuret suuntautuvat vinosti tai suoraan alaspäin ja toimivat varsinaisina kiinnityseliminä. Kiinnitysjuurten pituus on 27.5—60 cm ja syvyysulottuvaisuus pohjasta lukien 24—33.5 cm, juurakosta lukien 21.5—25.5 cm. Sitäpaitsi on kasvilla ohuempia ja runsaasti haarautuneita ravintojuuria, jotka etupäässä lähtevät juurakon yläpinnasta ja kasvavat ensin pinnansuuntaisina kaartuen sitten alaspäin. Ravintojuurten pituus on 19—44 cm ja syvyysulottuvaisuus 9.5—13.5 pohjasta ja 4.5—9.5 juurakosta lukien. II luokan juuret ovat 1—1.5 cm pitkiä kiinnittyen juurten tyviosassa 80°—90° ja lähempänä juurten kärkeä 45°—50° kul-

massa. Katkenneissa I luokan juurissa haarat ovat pidempiä (2.5—5 cm) ja paksumpia.

**A n a t o m i a.** Anatomisia eroja yllä mainittujen kiinnitysjä ravintojuurien välillä en ole nähnyt. Kiinnitysjuurten paksuus on 2—2.1 mm, keskusjänne 10—12-kimppuinen ja läpimitaltaan 0.27—0.30 mm. Päinvastoin kuin RAUNKIAER (1895—99, s. 247) on huomannut, on ydinsolukko voimakkaasti ja lieriökettokin  $\pm$  puutunut. Ytimen ympärillä on 5—6 leveämpää (42—54  $\mu$ ) putkiloa. Juuren kärkeä kohti putkilo-osien ja suurien putkiloitten lukumäärä pienenee; niinpä juuren kärjessä on vain yksi keskinen laajahko (21  $\mu$ ) putkilo, mikä esiintyy myöskin II luokan juurissa. Endodermiksessa varsinkin sisä- ja säteettäiset seinät ovat huomattavasti paksuntuneet ja puutuneet. Kuoren soluvälit muodostavat suuria »lakuuneja».

Sen uloimman kerroksen samoin kuin epidermiksenkin ulkoseinät ovat  $\pm$  paksuntuneet ja heikosti puutuneet. Juurikarvat puuttuvat.

Ravintojuurten paksuus on 0.9—1.4 mm, keskusjanteen halkaisija 0.24—0.27 mm, jänne 11—14-kimppuinen. Suurimpien putkiloitten halkaisija on 45—54  $\mu$ . Juurikarvat puuttuvat.

### *Polygonum amphibium.*

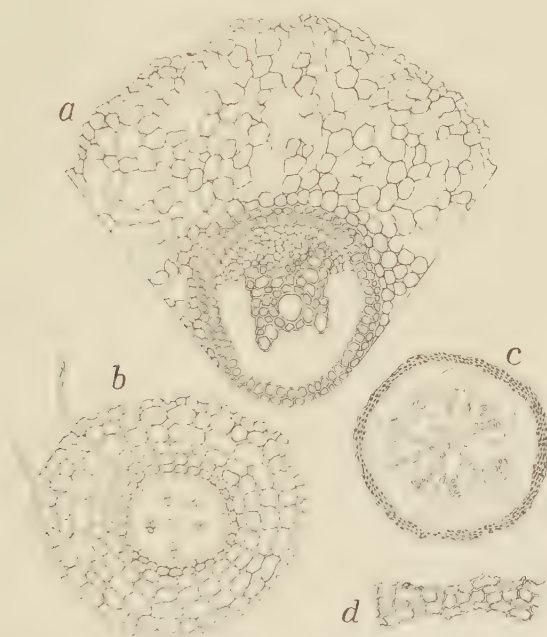
#### a) Vesimuoto.

**U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y y s u l o t t u v a i s u u s.** Juurakko sijaitsee vaakasuorasti 3—12.5 cm syvällä. Siitä kohtaa viherversoiksi kehittyviä haaroja, joiden tyveä voidaan pitää juurakkona. Juuriston muodostavat juurakon nivelkohdista lähtevät lisäjuuret, joiden pituus on 8.5—16.4 cm. Juurakon pystyhaarojen kustakin nivelestä lähtee säteittäin enintään 8 juurta, jotka suuntautuvat jokseenkin vaakasuoraan sivullepäin. Vaakasuoran juurakon nivelistä kasvaa sitävastoin 8—16 juurta säteittäin joka suunnalle. Siis myöskin vinosti ja suoraan ylöspäin suuntautuu ensin muutamia juuria, jotka sitten kääntyvät pinnansuuntaan. Juuriston syvyys on 7.5—22.5 cm pohjasta ja 4.5—10.5 cm juurakosta luettuna. II luokan juuria, jotka kiinnittyvät 30°—40° kulmassa, on verraten runsaasti. Haarojen pituus on 1—1.7 cm.

**A n a t o m i a** (kuva 7 a). **V e d e s t ä** hiekkapohjalta otetuissa



juurissa ei ole sekundääristä paksuuskasvua, vaan kaikki juuret ovat 0.3—0.5 mm paksuja. Keskusjängteen halkaisija on 91—171  $\mu$ . Jänne on 3—4-kimppuinen ja sen keskellä usein 1 suuri (n. 27  $\mu$ ) putkilo. Yhdistyssolukko on huomattavasti paksuntunut ja puutunut kuten endodermiskin. Kuoren perussolukko on muodostunut 10—12 solukerroksesta, joista sisin on paksuseinäinen ja liittyy endodermikseen soluväleittä. Kuoren muut solut ovat  $\pm$  pyöreäköjä ja soluvälit verraten suuria, epäsäännöllisesti sijaitsevia. Epidermissolut ovat pieniä ja muodoltaan epäsäännöllisiä. Juurikarvoja on jokseenkin runsaasti pitkin koko juurta. Juurikarvojen pituus on 0.3—0.4 mm. II luokan juuret ovat n. 0.16 mm paksuja. Keskusjänne on 2—3-kimppuinen ja kuoren perussolukko hyvin heikosti kehittynyt (vain



Kuva 7. *Polygonum amphibium*: a poikkileikkaus vedessä kasvaneen yksilön juuren tyviosasta, b maalta otetun primääri-asteella olevan juuren tyviosasta, c sekundäärisesti paksuutta kasvaneesta juuresta, d sen korkkia. (a-b 150  $\times$ , c 20  $\times$ , d 100  $\times$ .)

Abb. 7. *Polygonum amphibium*: a Querschnitt durch den basalen Teil einer im Wasser gewachsenen Wurzel, b desgl. einer auf dem Primärstadium stehenden Wurzel vom Lande, c desgl. einer sekundäres Dickenwachstum erfahrenen Wurzel, d Korkgewebe derselben. (a und b 150  $\times$ , c 20  $\times$ , d 100  $\times$ .)

2—3 kerrosta). Juurikarvoja, jotka ovat 0.1—0.3 mm pitkiä, on vähemmän kuin I luokan juurissa.

b) Maamuoto.

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Maalta otettiin näytteet hiekkaiselta maantienvarelta, johon edellisinä vuosina oli kaadettu hiekkaa 20—30 cm paksult. Ilmeisesti tämän maankorotuksen johdosta oli täällä kasvin juurakkoja jopa 50 cm syvyydessä. Näistä kohosi haaroja jokseenkin suoraan ylöspäin esim. 40 cm syvyydelle, missä ne kääntyivät vaakasuoriksi. Näistä nousi taas haaroja esim. 25 cm syvyydelle, kulkien sitten jokseenkin vaakasuorasti 25—15 cm syvällä ja tunkien ylöspäin ilma-versoja. Juuret suuntautuivat juurakon sekä pysty- että vaakasuorien haarojen nivelkohdista samoin kuin vedestä otetuilla yksilöillä. Juurten pituus oli 9.5—26.5 cm ja juuriston syvyysulottuvaisuus pinhasta lukien 10—65 cm, juurakosta lukien 10—22 cm. Juurihaaroista, joitten kiinnittymiskulma on  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$ , oli II luokan juuria runsaasti, III luokan juuria vähän sekä sitäpaitsi joitakin IV luokan juuria. II luokan juurten pituus oli 3.5—12.5 cm, III luokan juurten 0.4—2.0 cm ja IV luokan juurten 0.2—0.3 cm.

Anatomisesti eroavat maalta otetut juuret vedestä otetuista siinä, että edellisissä on sekundääristä paksuuskasvua. Primärisellä asteella oleva I luokan juuri (kuva 7 b) on 0.2—0.3 mm paksu, sen keskusjänne 3—5-kimppuinen. Endodermiksen seinät ovat ohuet tai vanhempina jonkinverran paksuntuneet, myös sen ulkopuolisen yhden tai joskus kahden solukerroksen seinät ovat jonkinverran paksuntuneet ja heikosti puutuneet. Kuori on paljon ohuempi kuin vedestä otetuissa juurissa, ollen sen perus-solukko ainoastaan 4—5 solukerroksen muodostama. Solut ovat pyöreähköjä ja soluvälit hyvin pieniä. Juurikarvoja on erittäin runsaasti sekä I että II luokan juurissa: edellisten pituus on 0.3—1.0 mm ja jälkimäisten 0.2—0.6 mm. Myös III ja IV luokan juurissa on juurikarvoja jokseenkin runsaasti, 0.10—0.25 ja 0.1—0.3 mm pitkiä.

Sekundäärisesti paksuutta kasvaneiden I luokan juurten (kuva 7 c) halkaisija on 0.5—1.7 mm, josta puun osaa korkeintaan 1.3 mm. Myös II luokan juurissa tavataan toisikäistä paksuuskasvua. Jälsirengas on usein ydinsäteitten kohdalla  $\pm$  vaikeasti eroitettavissa. Epidermis ja ensi-ikäinen kuori ovat

hävinneet. Sensijaan ympäröi juurta 2—4-kerroksinen korkkisolukko (kuva 7 d).

*Nymphaea candida.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** *Nymphaean* juurten rakennetta koskevassa verraten runsaassa kirjallisuudessa ei useimmiten ole tehty eroa *Nymphaea candidan* ja *N. alban* välillä, vaan enimmäkseen kirjallisuustiedot ovat *Nymphaea albasta*. Lienee senvuoksi syytä kuvata *N. candidan* juurista sekä ulkomorfologia että anatomia.

**Juurakko,** jonka suurin paksuus on 8.5 cm, on 5—28 cm pitkä ja sijaitsee pystysuorassa, 5—33 cm syvällä, päinvastoin kuin CONARD (1905, s. 173) sanoo. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät juurakosta joka suunnalle. Juurakon yläosasta kasvavat juuret ensin pinnansuuntaisina kaartuen sitten alaspäin, kun taas alemmaa lähtevät juuret suuntautuvat vinosti ja suoraan alaspäin kaartuen syvempänä jonkinverran sivulle. Rossin (ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 11) kuvauksen mukaan juuret ovat jonkinlaisia vetojuuria, jotka estävät ylöspäin kasvavaa juurakkoa nousemasta pohjan pinnan yläpuolelle. Juuria onnistuin kaivamaan 27—62 cm pitkälti ja 21—57 cm syvälti; läheskään kaikkia pisimpiä juuria en kuitenkaan saanut kokonaisina esiin. II luokan juuria on varsinkin paksummissa juurissa vähän. Ne ovat 2—3 cm pitkiä ja kiinnittyvät 5°—10° kulmassa.

**Anatomia.** Juurten paksuus on 2.3—3.6 mm. Keskusjänne, läpimitaltaan 0.2—0.4 mm, on 5—7-kimppuinen. Kussakin putkiloosassa on 2—3-jokseenkin leveätä (21—42  $\mu$ ) putkiloa. Jänteen keskellä on ohutseinäinen ydinsolukko, joka on pienempi kuin *Nupharilla*. Lieriöketto on kokonainen. Endodermiksen säteettäiset seinät ovat, kuten *Nupharillakin*, jonkinverran paksuntuneet muiden seinien ollessa ohuet. Kuorisolukko on voimakkaasti ja soluvälisysteemi siis  $\pm$  heikosti kehittynyt. Kuoren keskiosassa soluvälit ovat suurimmat samoin kuin *Nupharilla*. Kuoren kaksi ulointa kerrosta liittyy toisiinsa soluväleittä. Niistä ulomman solut ovat neliskulmaisia tai  $\pm$  pyöreäköjiä ja seinistään huomattavasti paksuntuneet. Epidermis on hyvin ohutseinäinen ja suurimmaksi osaksi hävinnyt. Juurikarvat puttuvat (vrt. SCHWARTZ 1883, s. 33).

*Nuphar luteum.*

Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurakko on 3.5—6 cm paksu ja sijaitsee pinnansuuntaisena 5—10 cm syvällä haarautuen GLÜCKIN (1924, s. 295) kuvauksen mukaan dikotoomisesti.

Juuriston muodostavat lisäjuuret, joita lähtee ainoastaan juurakon alapinnasta (vrt. ROSS, ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 8). Ne kasvavatsekä vinosti että suoraan alaspäin. Juurten suurimmaksi pituudeksi mittasin 65 cm ja suurimmaksi syvyydeksi 70 cm. Todelisuudessa arvot lienevät paljon suurempia, sillä useimpia juuria en saanut läheskään kokonaisina kaivetuiksi. II luokan juuria, joita ROSSIN (ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 8) kuvauksen mukaan on harvoin, oli tutkimissani juurissa runsaasti. Niitten pituus on 9—11.5 cm. Myöskin III luokan juuria, 1.5—5 cm pitkiä, oli verraten runsaasti.

Anatomiasta esittävät VAN TIEGHEM (1870—71, s. 267), FREIDENFELT (1904, s. 55) ja ROSS (ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 8) tarkkoja kuvauksia, jotka pääpiirteissään soveltuvat tutkimiini yksilöihin. Erinäisiä eroja olen kuitenkin huomannut, jonka vuoksi kuvaan juuren rakenteen omien havaintojeni mukaan. Juurten paksuus on 0.5—1.2 cm, keskusjanteen halkaisija 0.8—1 mm, jänne 20—21-kimppuinen (VAN TIEGHEMIN 17-, FREIDENFELTIN 16- ja ROSSIN kuvausten mukaan 27-kimppuinen). Kunkin putkilo-osan muodostavat 2—5 (FREIDENFELTIN mukaan 5—7) puutumatonta putkiloa, jotka sentään ROSSIN (ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 10) käsityksen mukaan eivät ole putkiloita vaan putkisoluja. Putkiloitten halkaisija on 18—42  $\mu$ . Keskusjanteen keskellä on laaja, ohutseinäinen ja puutumaton ydinsolukko. Lieriöketto on kokonainen ja endodermiksen säteettäiset seinät paksuntuneet enemmän kuin muut. Kuorisolukko on hyvin säilynyt ja soluvälisysteemi heikosti kehittynyt. Kuoren keskiosissa ovat soluvälit suurimmat. Kuorisolukossa olen, päinvastoin kuin DE BARY (1877, s. 231) ja ROSS (ks. KIRCHNER 1917, II:3, s. 16), huomannut soluvälisiä karvoja. Eksodermis on muodostunut kahdesta solukerroksesta, jotka liittyvät toisiinsa soluväleittä. Ulomassa kerroksessa ovat solut, päinvastoin kuin FREIDENFELTIN (1904, Taulu IV, kuva 39) esittämästä kuvasta käy ilmi, paljon pidempiä kuin sisemmässä kerroksessa, ja edellisen kerroksen ulkoseinät ovat



ohuita. Sitävastoin sisemmässä kerroksessa pienten neliskulmaisten solujen kaikki seinät ovat selvästi paksuntuneet mutteivät puutuneet. Samoin kuin FREIDENFELT (1904, s. 55) olen eksodermiksessä huomannut paksuseinäisiä, teräväkärkisiä soluja, jotka ulottuvat melkein sisemmän kerroksen puoliväliin asti. Epidermis on ohutseinäinen ja muodostaa soluvälejä liittyessään eksodermikseen. Useimmiten on epidermis kuitenkin saureksi osaksi hävinnyt. Juurikarvoja ei ole (vrt. SCHWARTZ 1883, ss. 26, 39, 43, 167).

*Ranunculus peltatus.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, joita lähtee 1—2 pohjan pintaa pitkin kasvavan varren kustakin nivelkohdasta. Juurten pituus on 11—27.5 cm. Muutamat niistä suuntautuvat ensin jokseenkin vaaka-suoraan sivulle, kun taas toiset tunkeutuvat vinosti alaspäin. Juuriston syvyys on 4.5—12.5 cm. Ulkomorfologisesti juuret eivät ole niin selvästi erilaistuneet kuin *R. reptans*illa. II luokan juuria on vähän, mutta ne ovat suhteellisen pitkiä (2.5—16 cm) ja kiinnittyvät 60°—90° kulmassa.

**A n a t o m i a.** Juurten paksuus on 0.5—0.6 mm, keskusjanteen halkaisija 64—76  $\mu$ , jänne 2-kimppuinen. Putkilo-osissa on 3 putkiloa ja janteen keskellä sitäpaitsi leveämpi (15  $\mu$ ) putkilo. Heti putkilo- ja siiviläosien ulkopuolella on verraten suurisoluinen lieriöketto. Endodermis on kauttaaltaan jokseenkin ohutseinäinen. Paksummissa juurissa kuori on muodostunut pyöreistä, varsinkin keskusjanteen ympärillä tärkkelysrikkaista soluista ja soluvälisysteemi on hyvin heikosti kehittynyt. Sitävastoin ohuemmista juurista tärkkelys puuttuu kokonaan ja soluvälit ovat paljon suurempia muodostaen, kuten SCHENCK (1886, s. 58) sanoo, »lakuuneja», joita tavallisesti eroittavat yhden solun muodostamat säteettäiset solurivit (vrt. MARIÉ 1885, s. 72). Kuoren uloimman kerroksen solut ovat verraten suuria 5—6 kulmaisia, epidermissolut taas pieniä, ohutseinäisiä ja ulkoseinistään usein sisäänpäin painuneet. Toisinaan on epidermis paikoitellen hävinnyt. Juurikarvoja on vähän pitkin koko juurta; niiden pituus on 0.1—0.4 mm. II luokan juuret ovat n. 0.2 mm paksuja. Keskusjänne, jonka halkaisija on n. 45  $\mu$ , on 2-kimppuinen.

Soluvälit ovat hyvin pieniä ja muuten juuren rakenne on suuressa määrin I luokan juuren kaltainen.

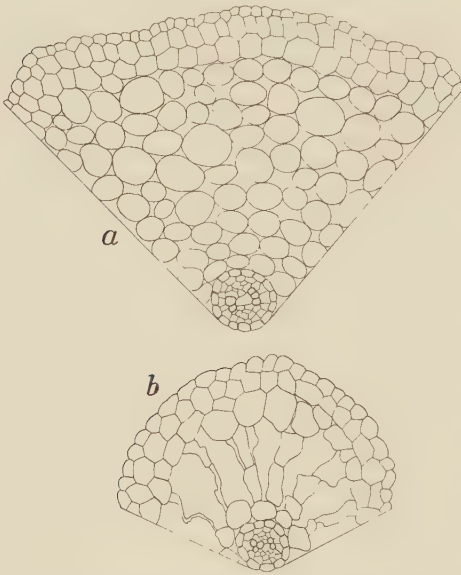
*Ranunculus reptans.*

Ulkomorfologia ja syvyyssulottuvaisuus. Juuriston muodostavat lisäjuuret, joita lähtee pohjan pintaa pitkin kasvavan varren nivelkohdista 2—8 kpl. Juurien pituus on 1.5—9 cm. Toiset niistä ovat haarattomia tai harvoin hyvin niukkahaaraisia ja huomattavasti paksumpia kuin toiset, jotka ovat verraten runsaasti haarautuneet. Juurissa voidaan siis huomata jonkinlaista kaksimuotoisuutta. Kaikki juuret kasvavat kuitenkin joko vinosti tai suoraan alaspäin. Juuriston syvyys on 0.5—10 cm. II luokan juuret ovat

0.5—5.7 cm pitkiä ja kiinnittyvät  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$  kulmassa.

Anatomia (kuva 8).

Haarattomien juurten (kuva 8 a) paksuus on 0.7—1.0 mm, keskusjanteen halkaisija 44—56  $\mu$ . Jänne on 2—3-kimppuinen ja putkiloita lukuunottamatta ohutseinäinen. Putkilo-osat ovat muodostuneet 2—4 kapeasta (9—15  $\mu$ ) putkilosta. Endodermiksen säteittäiset seinät ovat toisissa juurissa jonkinverran paksuntuneet ja hyvin heikosti puutuneet. Toisissa juurissa taas ovat endodermiksen seinät jonkinverran paksuntuneet ja puutuneet, mutta putkilo-osien kohdalla on 1—3 läpäisyso-  
luu. Kuorisolukko on keskus-  
janteeseen verrattuna hyvin



Kuva 8. *Ranunculus reptans*: a poikkileikkaus haarattoman juuren tyvestä, b samoin haarautuneesta juuresta. (125  $\times$ .)

Abb. 8. *Ranunculus reptans*: a Querschnitt durch die Basis einer unverzweigten Wurzel, b desgl. einer verzweigten Wurzel. (125  $\times$ .)

voimakkaasti kehittynyt. Sen muodostavat pyöreähköt, syksyllä tärkkelysriikkaat solut, joiden väliin jääneet soluvälit ovat hyvin pie-

niä. Eksodermissolut ovat säännöllisiä 5–6-kulmaisia. Epidermisen solut ovat paljon pienempiä kuin eksodermiksen ja ulkoseinistään  $\pm$  pyörityneet. Juurikarvoja ei ole. Haarautuneet juuret (kuva 8 b) ovat vain 0.3–0.4 mm paksuja, niiden keskusjanteen läpimitta 35–49  $\mu$ . Huomattavin ero näitten ja edellä kuvattujen juurten välillä on kuorisolukossa. Soluvälisysteemi on nim. näissä juurissa kehittynyt pidemmälle ja solut sisältävät hyvin vähän tärkkelystä. Juurikarvoja on hyvin runsaasti varsinkin lähempänä tyveä. Niiden pituus on 0.7–1.4 mm. II luokan juuret ovat n. 0.2 mm paksuja. Keskusjanteessa on 2 putkilo-osaa, ja kummassakin vain yksi putkilo. Juurikarvoja, jotka ovat 0.1–0.3 mm pitkiä, on runsaasti.

### *Ranunculus lingua.*

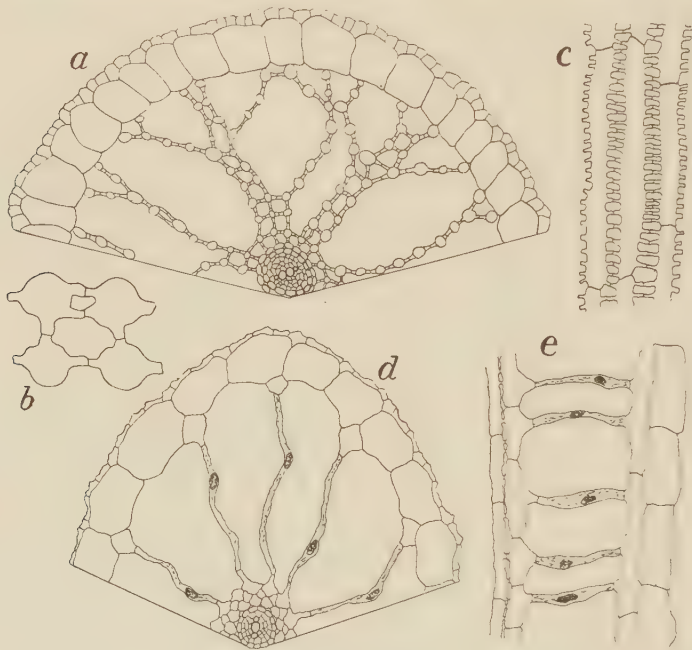
Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus. Juurakko sijaitsee jokseenkin pinnansuuntaisena 3–10 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret, joita lähtee juurakon nivelkohdista 10–27 kpl. Juurten pituus on 19–34.5 cm. Muutamia juuria lähtee pohjan pinnan yläpuolelta. Ne kiinnittyvät pohjaan ja kasvavat vinosti alaspäin kaartaen sitten sivullepäin. Toiset, kokonaan pohjassa olevat juuret, kasvavat ensin pinnansuuntaisina ja kaartavat vähitellen jonkun verran alaspäin. Juuriston syvyys on 6–19.5 cm. II luokan juuria on runsaasti. Ne ovat 4–12.5 cm pitkiä ja kiinnittyvät 20°–30° kulmassa. Myöskin III luokan juuria on, joskin vähän (vrt. KIRCHNER 1917, II:3, s. 83). Niiden pituus on 1.5–3.5 cm.

Anatomia. Juurten paksuus on 0.7–1.3 mm, keskusjanteen halkaisija 0.1–0.2 mm. Jänne, joka MARIÉN (1885, s. 79) mukaan on 5-, oli tutkimissani juurissa vain 3–4-kimppuinen. Putkilo-osissa, joissa on 2 putkiloriviä (vrt. FREIDENFELT 1904, s. 53), ovat huokosputkilot leveät (15–52  $\mu$ ) ja yhtyvät keskellä. Endodermissolujen seinät ovat yleensä siiviläosien kohdalla paksuntuneet ja puutuneet (vrt. MARIÉ 1885, s. 79). Putkilo-osien kohdalla on 1–5 läpäisysolua. Kuitenkin tässä suhteessa ilmenee epäsäännöllisyyttä, sillä putkilo-osienkin kohdalla voi joskus olla paksuseinäisiä soluja. Endodermiksen ulkopuolella on 1–2  $\pm$  pyöreäsoluista kerrosta. Näistä ulospäin alkavat  $\pm$  pitkähköistä soluista muodostuneet säteettäiset

solurivit. Kuoren kahden uloimman kerroksen solut ovat suuria ja liittyvät toisiinsa ilman soluvälejä. Sitävastoin epidermissolut ovat huomattavasti pienempiä ja ulkoseinistään jonkinverran paksuntuoneet. Juurikarvoja, 0.3—0.4 mm pitkiä, on hyvin vähän. II luokan juuret ovat n. 0.4 mm paksuja. Keskusjänne on 1—2-kimppuinen. Säteettäiset soluvälit ovat jo kehittyneet ja muutenkin on II luokan juurten sisärakenne I luokan juurien mukainen. †

*Subularia aquatica.*

Ulkomorfolgia ja syvyysulottuvaisuus. Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät yhtenä kimppuna



Kuva 9. a-c *Subularia aquatica*: a poikkileikkaus juuren tyveltä, b tähtitylppyyisen kuoren soluja poikkileikkauksesta, c samoin pitkittäisleikkauksesta. d, e *Elatine triandra*: d poikkileikkaus juuren tyveltä, e kuorta pitkittäisleikkauksessa, vasen laita endodermiksen puolella (a, d ja e 150, × b 550 ×, c 250 ×.)

Abb. 9. a-c *Subularia aquatica*: a Querschnitt durch die Wurzelbasis, b Zellen aus dem Sternparenchym der Rinde im Querschnitt, c desgl. im Längsschnitt. d, e *Elatine triandra*: d Querschnitt durch die Wurzelbasis. e ein Stück Rinde im Längsschnitt, die linke Seite der Endodermis zugekehrt. (a, d und e 150 ×, b 550 × und c 250 ×.)



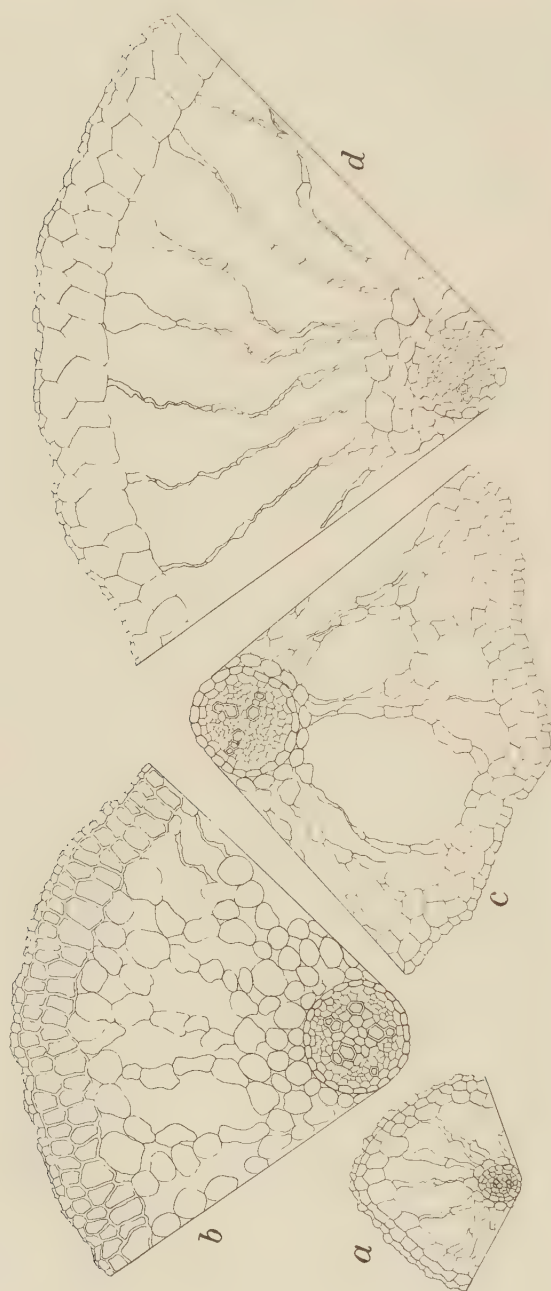
ruusukeversion tyvestä. Ne ovat 3.5—7 cm pitkiä ja kasvavat ensin melkein pinnansuuntaisina kaartaen sitten vähitellen alaspäin. Juuriston syvyys on 1.5—5 cm. II luokan juuria ei ole, kuten FREIDENFELT (1902, s. 166) jo mainitsee. — Kuten tunnettua kasvi on 1-vuotinen, joten juuretkin ovat vain 1-kesäisiä.

**A n a t o m i a** (kuva 9 a—c). Juurten paksuus on 0.4—0.5 mm. Keskusjänne, joka kuoreen verrattuna on hyvin heikosti kehittynyt (halkaisija vain 36  $\mu$ ), on 2—3-kimppuinen. Putkilo-osat ovat muodostuneet 2 hyvin kapeasta (3—9  $\mu$ ) putkilosta ja yhtyvät jänteen keskellä, joten ydin puuttuu. Endodermis on kauttaaltaan ohutseinäinen. Kuorisolukko on tähtitylppyyä. Se on muodostunut soluista, joitten keskiontelo poikkileikkauksessa näyttää pyöreältä, pallomaiselta ja muodostaa sivulle haarakkeita, jotka yhtyvät viereisten solujen haarakkeisiin (kuva 9 b). Juuren pitkittäisleikkauksesta näkyy, että nämä solut ovat pitkiä muodostaen kummallekin sivulle jopa 20—25 haaraketta (kuva 9 c). Kuori sisältää täten runsaasti sekä pieniä että hyvin suuria soluvälejä. Kuoren uloin solukerros on muodostunut suurista  $\pm$  4—5-kulmaisista, ohutseinäisistä soluista. Ne liittyvät ilman soluvälejä hyvin pienisoluihin epidermiksien. Juurikarvoja, n. 0.6 mm pituisia, on hyvin vähän ja on niitä pitkin juurta.

### *Callitriche verna.*

**U l k o m o r f o l o g i a j a s y v y y s u l o t t u v a i s u u s.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, joita lähtee 1—2 pohjan pintaa pitkin kasvavan varren kustakin nivelkohdasta. Juuret ovat 5.5—10.2 cm pitkiä ja suuntautuvat ensin vinosti alaspäin kääntyen sitten  $\pm$  sivulle. Juuriston syvyys on 3.5—7.5 cm. II luokan juuria SCHENCKIN (1886, s. 60) ja BEGERIN (ks. KIRCHNER 1932, III:3, s. 318) kuvauksien mukaan *Callitriche*-lajeilla ei ole. Kuitenkin huomasin niitä vähän, 1.6—2 cm pituisia.

**A n a t o m i a** (kuva 10 a). Juuret ovat hyvin heikosti kehittyneet ollen ainoastaan 0.19—0.23 mm paksuja. Keskusjänteen halkaisija on vain 30—35  $\mu$ . Jänne on 2—3-kimppuinen ja, putkiloita lukuunottamatta, ohutseinäinen. Putkilo-osat ovat muodostuneet 1—3 kapeasta (5—10  $\mu$ ) putkilosta. Myöskin endodermis on kauttaaltaan ohutseinäinen. Kuori on hyvin ohut sisältäen perussolukko ainoastaan 5—6 solukerrosta. Sisimmän kerroksen solut ovat pyö-



Kuva 10. Poikkileikkauksia juuren tyveltä: a *Callitriche verna*, b *Myriophyllum alterniflorum*, c *Hippuris vulgaris*, d *Lobelia dortmanna* (kaikki 100  $\times$ )

Abb. 10. Querschnitte durch die Wurzelbasis von: a *Callitriche verna*, b *Myriophyllum alterniflorum*, c *Hippuris vulgaris*, d *Lobelia dortmanna*. (Alle 100  $\times$ .)

reähköjä, mutta siitä ulospäin alkavat  $\pm$  pitkien ja kapeiden solujen muodostamat solurivit, päinvastoin kuin BEGERIN (ks. KIRCHNER 1932, III:3, s. 319 kuva 5 a) esittämästä kuvasta näkyy. Niiden väliin jäävät suuret säteettäiset soluvälit, jotka SCHENCKIN (1886, s. 58) mukaan ovat syntyneet säteettäisten soluseinién häviämisen kautta. Kuoren kahden uloimman kerroksen solut liittyvät toisiinsa soluväleittä. Ne ovat 5—6-kulmaisia ja, uloimman kerroksen ulkoseiniä lukuunottamatta, hyvin ohutseinäisiä. Epidermissolut ovat pieniä ja hyvin ohutseinäisiä. Juurikarvoja on jokseenkin runsaasti, mutta vain n. 2—3 cm pituisella alalla lähellä kärkeä. Juurikarvojen pituus on 0.2—0.8 mm. II luokan juurten paksuus on 0.13—0.15 mm. Juurikarvoja, 0.2—0.9 mm pituisia, on jokseenkin runsaasti pitkin koko juurta.

### *Elatine triandra.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, jotka lähtevät pohjan pintaa pitkin kasvavan varren nivelkohdista, kustakin nivelestä 2—9 juurta. Juurten pituus on 1.5—8 cm. Ne kasvavat ensin vinosti alaspäin ja kaartavat sitten jonkinverran sivulle ulottuen 1.5—6.5 cm syvälle. II luokan juuria ei ole.

**Anatomia** (kuva 9 d—e). Juurten paksuus on n. 0.5 mm. Hyvin heikosti kehittynyt keskusjänne (halkaisija 35  $\mu$ ) on vain 2-kimppuinen. Putkilo-osat ovat muodostuneet ainoastaan yhdestä putkilosta ja yhtyvät keskellä vähän leveämmäksi (8  $\mu$ ) putkiloksi. Endodermis on kokonaan hyvin ohutseinäinen. Sen ulkopuolella on 2 solukerrosta, jotka ovat muodostuneet poikkileikkauksessa  $\pm$  pyöreähköiltä näyttävistä soluista. Juuren pitkittäisleikkauksesta huomaa, että nämä solut ovat pitkähköjä ja liittyvät toisiinsa lyhyillä haarakkeilla (kuva 9 e). Kuoren keskiosan ja samalla suurimman osan kuoresta muodostavat säteettäiset pitkät solut, jotka ovat eläviä sisältäen alkulimaa ja tuman. Pitkittäisleikkauksesta näkyy, että nämä solut ovat juuren pituussuunnassa ympäröiviä soluja huomattavasti lyhyemmät ja etäällä toisistaan (kuva 9 e). Täten tulevat soluvälit, jotka juuren poikkileikkauksessa näyttävät säteettäisiltä, hyvin suuriksi. Kukin näistä säteettäisesti pitkistä soluista liittyy aina poikkileikkaukseltaan  $\pm$  pyöreähkön solun kautta kahden ekso-

dermissolun yhtymäkohtaan. Eksodermis on muodostunut suurista  $\pm$  5—6-kulmaisista, ohutseinäisistä soluista. Siihen liittyy soluväleittä hyvin pienisoluinen ja ohutseinäinen epidermis. Juurikarvoja, jotka ovat 0.5—0.7 mm pitkiä, on verraten runsaasti varsinkin lähellä kärkeä ja tyvää.

*Myriophyllum alterniflorum.*

**Ulkomorfologia ja syvyysulottuvaisuus.** Juurakko on 1—1.5 mm paksu ja sijaitsee pinnansuuntaisena 1—2 cm syvällä. Juuriston muodostavat lisäjuuret. Useimmat niistä lähtevät juurakosta viherversojen tyvestä. Sitäpaitsi lähtee 1—4 juurta muualtakin juurakon nivelkohdista sekä muutamia juuria myöskin pystyversojen tyvestä. Juurien pituus on 12—51 cm. Ne kasvavat ensin pinnansuuntaisina ja kääntyvät sitten verraten jyrkästi alaspäin. Kuitenkin muutamia juuria suuntautuu myöskin vinosti alaspäin. Juuriston syvyys on 0.5—11.5 cm. II luokan juuria on jokseenkin vähän. Ne ovat 1.5—8 cm pitkiä ja kiinnittyvät n. 30° kulmassa. III luokan juuria, 0.5—2 cm pitkiä, on ainoastaan muutamia.

**Anatomia** (kuva 10 b). Juurten paksuus on 0.5—0.7 mm, keskusjanteen halkaisija 72—92  $\mu$ . Jänne, joka SCHENCKIN (1886, kuva 72) esittämän kuvan mukaan on 4-kimppuinen, oli muutamissa juurissa 5-kimppuinen, joskin viides putkilo-osa on heikosti kehittynyt, nim. vain yhden kapean putkilon muodostama. Tavallisesti putkilo-osia on 3—4. Putkilot, joitten halkaisija on 8—24  $\mu$ , yhtyvät muutamissa juurissa. Mutta useimmiten on janteen keskellä — paksu seinäinen ydinsolukko. Endodermis on jokseenkin ohutseinäinen. Kuorisolukko on muodostunut pyöreäähköistä  $\pm$  tärkkelystä sisältävistä soluista. Kuoren ulko-osissa muodostuu suurempia soluvälejä, »lakuuneja», joiden SCHENCK (1886, s. 58) sanoo syntyneen säteettäisten seinien häviämisestä. Toisten juurten, jotka ulkomorfologisesti eivät eroa edellisistä, kuoressa on hyvin runsaasti tärkkelystä. Soluvälit kuoren ulko-osissa ovat säteettäisiä ja toisistaan vain kapeitten solurihmojen eroittamia. Kuoren uloin kerros on hyvin pienisoluinen, mutta sen sisäpuolella on kaksi ilman soluvälejä toisiinsa liittyvää kerrosta, joissa solut ovat suuria ja paksuseinäisiä. Epidermis on hyvin pienisoluinen ja suurimmaksi osaksi hävinnyt. Juurikarvoja



SCHENCKin (1886, s. 58) kuvauksen mukaan ei ole. Kuitenkin huomasi niitä muutamia, n. 0.5 mm pituisia, pitkin koko juurta, eniten lähellä (n. 1.5 cm) tyveä. II luokan juuret ovat n. 0.2 mm pak suja ja 2-kimppuisia. Juurikarvat niistä puuttuvat.

*Hippuris vulgaris.*

**U l k o m o r f o l o g i a   j a   s y v y y s u l o t t u v a i s u u s.** Juuriston muodostavat lisäjuuret, joitten pituus on 6.5—19.5 cm. Toiset niistä lähtevät pohjan pinnan yläpuolelta pystyversojen 1—3 alimmasta nivelestä, kun taas toiset saavat alkunsa joko pohjan pintaa pitkin tai enintään 1 cm syvällä kasvavan vaakasuoran varren nivelkohdista. Edelliset suuntautuvat ensin vinosti alaspäin, mutta kaartavat sitten sivulle. Jälkimmäiset sitä vastoin kasvavat jokseenkin pinnansuuntaisina. Juuriston suurin syvyys vesikasvupaikalla (savea) on 4 cm. II luokan juuria on runsaasti, 2.5—10.5 cm pituisia. III luokan juuria, joitten suurin pituus on 4.3 cm, on vähän.

**A n a t o m i a** (kuva 10 c). Juurten paksuus on 0.5—0.6 mm, keskusjanteen halkaisija 72—84  $\mu$ . Jänne on 3—4 kimppuinen ja, putkiloita lukuunottamatta, ohutseinäinen. Putkiloitten läpimitta on 9—15  $\mu$ . Endodermis on ohutseinäinen. Kuoren soluvälit ovat pitkälle kehittyneet ja muodostavat, kuten SCHENCK (1886, s. 58) sanoo, käytäviä, joita eroittavat kapeahkot ja säteensuunnassa pitkähköt solut. Kuoren kaksi ulointa kerrosta liittyvät toisiinsa soluväleittä. Ne ovat muodostuneet 5—6-kulmaisista, ohutseinäisistä soluista, joista sisempien sisäseinät ovat  $\pm$  pyöristyneet. Epidermis on pieni-soluinen. Juurikarvat puuttuvat, kuten SCHWARTZ (1883, s. 33) ja SCHENCK (1886, s. 58) jo ovat todenneet. II luokan juuret ovat n. 0.3 mm pak suja ja 2-kimppuisia. Niistäkin juurikarvat puuttuvat.

**M a a l t a** kuivaneesta savipohjaisesta ojasta otetuissa yksilöissä juurakko on väritön ja sijaitsee pinnansuuntaisena 2.5—8 cm syvällä. Juuret lähtevät juurakon nivelkohdista säteittäin joka suunnalle ja kasvavat siis, päinvastoin kuin edellä kuvatut juuret, myöskin sekä vinosti että suoraan alas- ja ylöspäin. Juurten pituus on 10—12 cm ja suurin syvyys 11.5 cm. — Anatomian puolesta maajuuret eivät sanottavasti eroa edellä kuvatuista. Soluvälisysteemi on kuitenkin vähän heikommin kehittynyt.

*Naumburgia thyrsiflora.*

**Ulkomorfologia ja syvyyssulottuvaisuus.** Juurakko, joka on 5 mm paksu, sijaitsee 4—6.5 cm syvällä jokseenkin pinnansuuntaisena; siitä kohoaa pystyversoja, joiden tyveä voitaneen pitää pystyjuurakkona. Juuriston muodostavat lisäjuuret, joitten pituus on 2—17 cm. Pystyversojen tyviosan kustakin nivelestä lähtee säteettäin 6—7 juurta, kun taas vaakasuorasta juurakosta lähtevien juurien lukumäärä on 2—8. Edelliset kasvavat aivan pinnansuuntaisina, jälkimmäiset taas suuntautuvat säteettäin joka suunnalle. Juuriston syvyys on 0.5—12 cm. II luokan juuria on runsaasti. Ne ovat 1.6—4.7 cm pitkiä ja kiinnittyvät 40°—50° kulmassa. Katkenneissa I luokan juurissa haarat ovat pidempiä (5.5—10 cm).

**Anatomia.** Juurten paksuus on 0.9—1.0 mm, keskusjanteen halkaisija 0.14—0.17 mm, jänne 7-kimppuinen. Sen keskellä on ohutseinäinen ydinsolukko, jonka ympärillä ovat laajoista (15—27  $\mu$ ) putkiloista muodostuneet putkilo-osat. Lieriöketto on ohutseinäinen. Endodermiksen soluseinät sitävästoin ovat putkilo-osien kohdalla  $\pm$  paksuntuneet, mutta läpäisysoluja on 1—4. Kuorisolukko on FREIDENFELTIN (1904, s. 68) kuvauksen mukaan epäsäännöllisesti hävinnyt muodostaen soluvälejä. Tutkimissani juurissa se kuitenkin oli yleensä hyvin säilynyt ja soluvälit olivat pienet. Vain muutamissa juurissa huomasin suurempia »lakuunien» tapaisia soluvälejä. Kuoren 2—3 ulointa kerrosta liittyvät toisiinsa soluväleittä. Niistä varsinkin keskimmäisen seinät ovat huomattavasti paksuntuneet. Epidermissolut ovat pienet ja ulkoseinistään jonkin verran paksuntuneet. Juurikarvat puuttuvat (vrt. METSÄVAINIO 1931, s. 335).

*Lobelia dortmanna.*

**Ulkomorfologia ja syvyyssulottuvaisuus.** Juuriston muodostavat lisäjuuret. Minkäänlaista pääjuurta, josta SYLVÉN (1903, s. 378) puhuu, en ole huomannut. Kaikki juuret lähtevät yhtenä kimppuna varren tyvestä, ylimmät n. 1 cm syvältä pohjan pinnasta lukien. Juurten pituus on 1.5—12.5 cm. Ylempää lähtevät juuret kasvavat ensin jokseenkin pinnansuuntaisina kääntyen sitten verraten jyrkästi alaspäin. Alemmat juuret taas suuntau-

tuvat vinosti, muutamit jokseenkin suoraan alaspäin. Juuriston syvyys on 4.5—12 cm. II luokan juuret FREIDENFELTin (1902, s. 166) mukaan puuttuvat kokonaan. Huomasin niitä kuitenkin muutamia, 1.2—1.3 cm pituisia, eräällä tutkimallani yksilöllä.

**A n a t o m i a s t a** (kuva 10 d) FREIDENFELT (1904, s. 73) esittää kuvauksen, joka useimmissa kohdissa soveltuu tutkimiini yksilöihin. Kasvin suureen yleisyyteen nähden Suomessa kuvaan kuitenkin rakenteen omien havaintojeni mukaan. Juurten paksuus on 0.9—1.1 mm, keskusjanteen halkaisija 84—90  $\mu$ . Jänne on 2-kimpainen ja, putkiloita lukuunottamatta, sen soluseinät hyvin ohuita. Putkilo-osat ovat muodostuneet 2—5 hyvin kapeasta (6—12  $\mu$ ) putki-  
lostasta, eivätkä päinvastoin kuin FREIDENFELT (1904, s. 73) sanoo, yhdy keskellä. Endodermis on hyvin ohutseinäinen, joskin säteettäiset seinät ovat jonkinverran toisia paksummat. Juurikuoren perussolukossa on täysin kehittyneissä juurissa 13 solukerrosta. Niistä 1—2 sisimmän solut ovat pyöreähköjä, mutta siitä ulospäin alkavat pitkien, kapeiden solujen muodostamat solurivit, joiden väliin jäävät suuret säteettäiset soluvälit. Kuoren 2 ulointa kerrosta on muodostunut hyvin ohutseinäisistä, suurista soluista, jotka liittyvät toisiinsa ilman soluvälejä. Epidermis on hyvin pienisoluinen. Juurikarvat puuttuvat.

## V. YLEISIÄ TULOKSIA.

Oheelliseen taulukkoon on, ensi sijassa ulkomaalaisen lukijan tarpeiksi, koottu yksityisten lajien selonteosta tärkeimmät omiin havaintoihin perustuvat tiedot. Kasvilajit on taulukossa järjestetty elomuodoittain, alkaen tyypillisimmistä hydrofyyteistä ja päättyen helofyytteihin.

Taulukon antamien tietojen, eräissä tapauksissa myös ainoastaan tekstissä mainittujen havaintojen perusteella toteamme vesikasvien juurista erinäisiä yleisiä piirteitä:

Sopusoinnussa sen kanssa, että juurilla on vesikasveillekin huomattava merkitys ei vain kiinnitys- vaan myöskin ravinnonottoeliminä (vrt. siv. III) ei vesikasvien juuriston syvyysulottuvaisuus eikä juurten pituus ole aivan vähäinen. Yleensä syvyysulottuvaisuus on n. 5—10 cm, usein enemmänkin ja horisontaalinen ulottuvaisuus 2—3 kertaa suurempi. Nämä suhteet eivät siis mainittavasti eroa lukuisilta hygrofiilisilta ja mesofiilisilta maa-kasveilta tunnetuista suhteista. Eri vesikasvilajeilla juuriston syvyys kuitenkin huomattavasti vaihtelee, osittain juurakon erilaisesta syvyydestä riippuen. Juurten pituus samoin on varsin erilainen. Matalimmat ja samalla lyhyimmät juuret ovat pienillä pohjalehtisillä ruohoilla. Niitä lähenevät eräät kellulehtiset. Tutkituilla uposlehtisillä on juuristo aika matala, mutta juuret silti verraten pitkiä. Syvimät ja pisimmät juuret ovat helofyyteillä ja suurilla kellulehtisillä ruohoilla (*Nymphaea*, *Nuphar*). — Useimmilla tutkituilla vesikasvilajeilla suurin osa juurista ensin suuntautuu pitkälti ulospäin kasvaen melkein horisontaalisesti tai loivan viistosti alaspäin ja taipuen sitten vähitellen jyrkemmin viistoksi; suoraan alaspäin meneviä pitkiä juuria on vain harvoilla lajeilla (*Glyceria fluitans*, *Phragmites*, *Carex gracilis*, *C. vesicaria*, *Iris*, *Nymphaea* ja *Nuphar*).

Juurien haaraisuudesta voimme todeta eräänlai-



seksi yleispiirteeksi sen, että pohjaruohoilla ja uposlehtikasveilla haaroittuneisuus yleensä on heikkoa (kokonaan puuttuvaa *Subularialla*, *Elatine triandralla* ja *Elodealla*, vain osalla yksilöitä tavattavaa ja heikkoa *Lobelialla* ja *Potamogeton perfoliatuksella* [samoin *Hydrochariksella*, *Callitriche vernalla* ja *Equisetum limosumilla*]), kun se taas on parhaiten kehittynyttä helofyyteillä. Tästä yleispiirteestä on kuitenkin verraten paljon poikkeuksia.

Vain harvoilla lajeilla on juurten kesken huomattavissa kaksimuotoisuutta. Se ilmenee siten, että eräillä (*Phragmites* ja *Carex*-lajit) on runsaasti haarautuneita pinta- ja vähähaaraisia syväjuuria, *Iriksellä* taas on  $\pm$  pinnansuuntaisia, runsaasti haarautuneita ravinto- sekä vinosti ja suoraan alaspäin kasvavia, vähähaaraisia, paksuja kiinnitysjuuria. Sitä paitsi on *Ranunculus reptansilla* paksumpia haarattomia tai joskus hyvin niukkahaaraisia sekä ohuempia haarautuneita juuria, jotka anatomisestikin eroavat toisistaan. *Alismalla* on vain lievää kaksimuotoisuutta, joka osittain ilmenee juurten kulkusuunnassa ja  $\pm$  haaraisuudessa sekä osittain endodermissen ja soluvälien rakenteessa.

Juurikarvoja on 76 %:lla tutkituista lajeista. Niitä vailla olevia tai niitä omaavia lajeja on miltei kaikissa elomuodoissa. Juurikarvojen runsaudessa on eroa maalla ja vedessä kasvaneiden saman lajin yksilöiden kesken siten, että edellisissä on juurikarvoja runsaammin (esim. *Polygonum amphibium*). Juurikarvat ovat pisimpiä kasveilla, joilla niitä on runsaasti.

Anatomisista suhteista ansaitsee huomiota, että kaikkien tutkittujen kasvien juurissa on putkiloita tai putkisoluja, sellaistenkin (esim. *Potamogeton*), joiden varresta ne puuttuvat. Uposlehtikasveista on *Ranunculus peltatuksella*, joka SNELLIN (1908, s. 227) mukaan on ravinnonotossaan sangen vähän juurista riippuvainen, putkilo-osien lukumäärä pienempi kuin muilla tutkituilla uposkasveilla.

Soluvälisysteemi on kuten tunnettua vesikasveilla voimakkaasti kehittynyttä. Sen heikko kehittyneisyys *Equisetum limosumin* ja *Elodean* juurissa, samoin *Ranunculus peltatuksen* ja *R. reptansin* paksummissa juurissa, missä kaikissa sitä edustavat vain pienet 3—4-kulmaiset aukot kuorisolujen nurkkauksissa, ansaitsee senvuoksi erityisen huomautuksen. Heikosti kehittynyttä on solu-

	Juurakon syvyys Tiefenlage des Wurzelstoches cm	Juuriston syvyys pinnasta lukien Tiefe des Wurzel- systems, von der Oberfläche gemessen cm	Juurten suurin pituus Maximale Länge der Wurzeln cm	Juurten paksaus Wurzeldurchmesser mm	Keskusjälteen halkaisija Durchmesser des Zentralzylinders μ	Putkiloisien luku- määrä Anzahl der Gefäß- teile
1. Pohjaruohot. — Bodenkräuter.						
<i>Isoetes lacustre</i> .....	± 0	3—7	10.2	0.8—0.9	56	1
<i>I. echinosporum</i> .....	± 0	1—6.5	11.5	0.6—1.0	36—45	1
<i>Scirpus acicularis</i> .....	0.8	2—8.5	9.5	0.2—0.3	28—50	4
<i>Ranunculus reptans</i> : a. haaraut.j. <sup>1)</sup>	0	0.5—10	9.0	0.3—0.4	35—49	2—3
» » b. haaraton.j.)	0	0.5—10	9.0	0.7—1.0	44—56	2—3
<i>Subularia aquatica</i> .....	—	1.5—5	7.0	0.4—0.5	36	2—3
<i>Elatine triandra</i> .....	0	1.5—6.5	8.0	0.5	35	2
<i>Lobelia dortmanna</i> .....	± 0	4.5—12	12.5	0.9—1.1	84—90	2
2. Uposruohot — Wasserblattkräuter.						
<i>Potamogeton perfoliatus</i> .....	0—2	0.5—11.5	21.5	0.4—0.5	60—72	5
<i>Elodea canadensis</i> .....	—	6—11	33.0	0.8	72—100	4—6
<i>Ranunculus peltatus</i> .....	0	4.5—12.5	27.5	0.5—0.6	64—76	2
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> .....	1—2	0.5—11.5	51.0	0.5—0.7	72—92	3—5
3. Kellulehtiset ruohot. — Schwimm- blattkräuter.						
<i>Sparganium affine</i> .....	2.5—6	0.5—8.5	10.5	0.6—0.7	72—85	5—6
<i>S. minimum</i> .....	0.5—4.5	1.5—12.5	12.5	0.4—0.5	56—64	4—5
<i>Potamogeton natans</i> .....	4—20	6—24	11.5	0.4—0.6	52—64	4—5
<i>Glyceria fluitans</i> .....	± 0	6—40	45.0	0.7—1.2	92—104	7—11
<i>Polygonum amph.</i> : a. vesimuoto <sup>2)</sup>	3—12.5	7.5—22.5	16.4	0.3—0.5	91—171	3—4
» » b. maa- »	10—50	10—65	26.5	0.2—0.3	84—116	3—5
<i>Nymphaea candida</i> .....	5—33	21—57+	62+	2.3—3.6	200—400	5—7
<i>Nuphar luteum</i> .....	5—10	45—70+	65+	5.0—12.0	800—1000	20—21
<i>Callitriche verna</i> .....	± 0	3.5—7.5	10.2	0.19—0.23	30—35	2—3
4. Irtokellujat. — Freischwimmer.						
<i>Hydrocharis morsus ranae</i> .....	—	(0—15)	65.5	1.2—1.6	144—172	3—4
5. Ilmalehtiset ruohot. — Luftblatt- kräuter.						
<i>Sparganium simplex</i> .....	0.5—5	6—13	21.5	0.5—0.7	88—116	6—7
<i>Alisma plantago</i> : pintaj. ....)	± 0	0.5—7	22.0	0.4—0.6	48—80	3—5
» » syväj. ....)	± 0	6—15	19.0	0.7—1.2	100—116	3—5
<i>Sagittaria sagittifolia</i> .....	± 0	1—16	29.0	0.8—1.2	100—120	7
<i>Iris pseudacorus</i> : a. ravintoj. <sup>3)</sup> ..)	2—16.5	9.5—13.5	44.0	0.9—1.4	240—270	11—14
» » b. kiinnitys.j.)	2—16.5	24—33.5	60.0	2.0—2.1	270—300	10—12
<i>Ranunculus lingua</i> .....	3—10	6—19.5	34.5	0.7—1.3	100—200	3—4
<i>Hippuris vulgaris</i> .....	0—1	0.5—4	19.5	0.5—0.6	72—84	3—4
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> .....	4—6.5	0.5—12	17.0	0.9—1.0	140—170	7
6. Ruokokasvit. — Schilfgewächse.						
<i>Equisetum limosum</i> .....	30—33	0.5—40	9.0	0.2—0.3	36—40	2
<i>Phragmites communis</i> : a. pintaj. <sup>4)</sup> ..)	5—35	0.5—10.5	66.0	1.0	300	10—19
» » b. syväj. ....)	5—35	49—92	60.0	1.3—3.0	200—500	16—23
<i>Scolochloa festucacea</i> .....	4—6	1.5—17.5	25.0	0.5—0.7	72—80	6—9
<i>Scirpus lacuster</i> .....	n. 11	3.5—25	36.0	1.0	100—150	7—9
<i>S. eupaluster</i> .....	2.5—4	3—18.5	34.0	0.8	100	7—10
<i>Carex gracilis</i> : a. pintaj. <sup>4)</sup> .....	8—16	5—11	73.0	0.8	130	14—16
» » b. syväj. ....)	8—16	19—66.5+	102+	1.43	260	23—27
<i>C. vesicaria</i> : a. pintaj. <sup>4)</sup> .....	2—3	4—12	44.0	1.10	170	14—15
» » b. syväj. ....)	2—3	40—50+	62+	1.2—1.7	200—350	16—19

<sup>1</sup> a. verzweigte, b. unverzweigte Wurzel. <sup>2</sup> a. Wasserform, b. Landform.

Eriukokaisten juurikaarjien runkaus Reichtheit der Seitenwurzeln ver- schiedener Ord- nungen			Eriukokaisten juurikaarjien pituus Länge der Seiten- wurzeln verschie- dener Ordnungen			II I. juurten pak- suus Durchmesser der Wurzeln II Ordnung	Juurikaarjien runksaus eri juuriluokissa Reichtheit der Wur- zelhaare bei den Wur- zeln verschiedener Ord- nungen				Juurikaarjien pituus eri juuri- luokissa Länge der Wurzel- haare bei den Wur- zeln verschiedener Ordnungen		
II	III	IV	II	III	IV		I	II	III	IV	I	II	III
×	×	×					3				0.3—1.1		
×	×	×					3				0.2—1.3		
1	—	—	0.2—1.9	—	—	0.07—0.13	2	2	—	—	0.2—1.0	0.1—0.4	—
2	—	—	0.5—5.7	—	—	0.2	4	3	—	—	0.7—1.4	0.1—0.3	—
1	—	—	0.4—2.5	—	—	0.2—0.25	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—0.6	—	—
1	—	—	1.2—1.3	—	—	?	3	—	—	—	0.5—0.7	—	—
1	—	—	0.7—1.8	—	—	0.15—0.2	4	3	—	—	0.8—1.0	0.1—1.0	—
1	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—3.0	—	—
2	1	—	2.5—16.0	—	—	0.2	2	—	—	—	0.1—0.4	—	—
2	1	—	1.5—8.0	0.5—2.0	—	0.2	1	—	—	—	—0.5	—	—
1	—	—	0.3—1.5	—	—	0.2	3	3	—	—	0.3—0.6	0.3—0.9	—
1	—	—	0.3—2.5	—	—	0.15—0.2	4	3	—	—	0.5—2.6	0.2—0.3	—
1	—	—	1.0—4.2	—	—	0.2	4	3	—	—	0.8—2.3	0.1—1.6	—
3	1	—	0.2—3.0	0.1—1.3	—	0.2	3	—	—	—	0.1—0.4	—	—
3	—	—	1.0—1.7	—	—	0.16	3	2	—	—	0.3—0.4	0.1—0.3	—
3	2	1	3.5—12.5	0.4—2.0	0.2—0.3	0.08—0.13	4	4	3	3	0.3—1.0	0.2—0.6	0.1—0.25
2	—	—	2.0—3.0	—	—	0.15—0.30	—	—	—	—	—	—	—
3	2	—	9.0—11.5	1.5—5.0	—	0.3—0.5	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	1.6—2.0	—	—	0.13—0.15	3	3	—	—	0.2—0.8	0.2—0.9	—
1	—	—	1.5—12.6	—	—	0.5	4	4	—	—	—3.0	1.0—2.0	—
2	—	—	0.5—3.3	—	—	0.2	4	3	—	—	0.1—0.8	0.2—0.7	—
3	—	—	2.0—2.5	—	—	0.15	2	2	—	—	—0.1	0.2—0.6	—
2	—	—	1.2—2.5	—	—	0.2	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	1.0—1.5	—	—	0.3	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	0.4—0.5	—	—	—	—	—	—	—
3	2	—	4.0—12.5	1.5—3.5	—	0.4	2	?	—	—	0.3—0.4	?	—
3	2	—	2.5—10.5	—4.3	—	0.3	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	1.6—4.7	—	—	0.2—0.3	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—3.0	—	—	0.15	4	2	—	—	—1.5	—0.8	—
4	3	2	3.0—15.3	1.5—4.2	0.5—2.0	0.2—0.4	2	—	—	—	0.2—0.4	—	—
2	—	—	0.3—0.5	—	—	0.3—0.5	3	3	—	—	0.3—0.6	0.5—1.3	—
4	1	—	1.7—5.5	0.3—0.7	—	0.2	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	0.8—2.5	—	—	0.17	2	2	—	—	0.3—0.4	0.1—0.6	—
4	—	—	0.3—1.6	—	—	0.18—0.30	2	1	—	—	0.3—0.6	0.08—0.1	—
4	3	—	1.5—6.6	0.6—3.0	—	0.16—0.25	4	3	3	—	0.3—0.9	0.4—1.2	0.3—1.0
2	2	—	3.2—3.9	0.5—0.8	—	0.3—0.4	—	—	—	—	—	—	—
4	3	1	3.0—4.0	—3.0	0.6—0.8	0.10—0.13	3	3	3	—	0.3—0.5	0.08—0.1	0.06—0.3
3	—	—	1.0—1.7	—	—	0.14—0.25	3	3	—	—	0.4—0.7	0.3—0.7	—

<sup>3</sup> a. Ernährungswurzel, b. Befestigungswurzel. <sup>4</sup> a. Oberflächenwurzel, b. Tiefenwurzel.

välisysteemi myös *Polygonum amphibiumin* maalla kasvaneissa juurissa.

Huomautettakoon vielä, että *Polygonum amphibiumin* maalla kasvaneissa juurissa on varsin huomattava toisikäinen paksumus; vedessä kasvaneissa juurissa se, kuten muiltakin vesikasveilta, puuttuu.

Juurikarvojen runsaus on taulukossa ilmaistu numeroilla seuraavasti:

4	juurikarvoja erittäin runsaasti.
3	» runsaasti.
2	» vähän.
1	» hyvin vähän.



## KIRJALLISUUSLUETTELO.

- ARBER, A., 1920, Water plants. Cambridge.
- DE BARY, A., 1877, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Handb. d. physiol. Bot., herausgeg. von W. Hofmeister. Bd. 3. Leipzig.
- BURGERSTEIN, A., 1904, Die Transpiration der Pflanzen. Jena.
- CHATIN, G. A., 1856, Anatomie comparée des végétaux. I. Plantes aquatiques. Paris.
- CONARD, H., 1905. The Waterlilies. A Monograph of the Genus *Nymphaea*. Washington.
- FARMER, J., 1890—91, On *Isoetes lacustris*. Ann. of Bot., p. 37—61.
- FONTELL, C. W., 1908—09, Beiträge zur Kenntnis des anatomischen Baues der Potamogeton-Arten. Öfvers. af Finska Vet.-Soc. Förh., LI, Afd. A, n:o 14, p. 1—91.
- FRANÇOIS, L., 1908, Recherches sur les plantes aquatiques. Ann. sc. nat., Sér. 9, Bot., 7, p. 25—110.
- FRANK, A., 1890. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin.
- FREIDENFELT, T., 1900, Studier öfver örtartade växters rötter (Förelöpande meddelande). Bot. Not., p. 209—223.
- 1902, Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. I. Ueber die Formbildung der Wurzel vom biologischen Gesichtspunkte. Flora, 91, p. 115—208.
- 1904, Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zusammenhange mit dem Wassergehalt des Bodens (Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen II). Bibl. bot., Heft 61, p. 1—118.
- GLÜCK, H., 1924, Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse. Bd. IV. Jena.
- GOEBEL, K., 1884, Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane. Schenck's Handbuch der Botanik. III: 1.
- HEIBERG, P., 1867—68, Morphologisk-anatomisk beskrivelse af *Eleocharis palustris*. Bot. Tidsskr., 2, p. 157—225.
- KIRCHNER, O. v., LOEW, E., SCHRÖTER, C., 1908—34, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart.
- KLINGE, J., 1879, Vergleichend-histologische Untersuchung der Gramineen- und Cyperaceenwurzeln, insbesondere der Wurzelleitbündel. Mém. Acad. St. Petersb., Sér. 7, Tome 26, p. 1—70.

- LUDWIG, F., 1895, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart.
- MARIÉ, P., 1885, Recherches sur la structure des Renonculacées. Ann. sc. nat., Sér. 6, Bot., 20, p. 5—180.
- METSÄVAINIO, K., 1931, Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo, 1, n:o 1, p. 1—422.
- [POND, 1905, The biological relation of aquatic plants to the substratum. Contribution to the biology of the Great Lakes.] (SNELL'in muk.)
- RAUNKIAER, I. & C., 1895—99, De danske Blomsterplanters Naturhistorie. I. Enkimbladede. Kjøbenhavn.
- SACHS, J., 1870, Lehrbuch der Botanik. 2. Aufl. Leipzig.
- »— 1882, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig.
- SAMUELSSON, GUNNAR, 1925, Untersuchungen über die höhere Wasserflora von Dalarne. Sv. Växtsociol. Sällsk. Handl., IX, p. 1—31.
- SAUVAGEU, C., 1889, Contribution a l'étude du système mécanique dans la racine des plantes aquatiques: Les Potamogeton. Journ. de Bot., 3, p. 61—72.
- SCHENCK, H., 1886, Die Biologie der Wassergewächse. Bonn.
- »— 1886, Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse. Bibl. bot., Heft 1, p. 1—67.
- SCHWARTZ, F., 1883, Die Wurzelhaare der Pflanzen. Diss. Breslau.
- SIEDLER, P., 1892, Ueber den radialen Saftstrom in den Wurzeln. Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, 5, Heft 3, p. 407—441.
- SNELL, K., 1908, Untersuchungen über die Nahrungsaufnahme der Wasserpflanzen. Flora, 78, p. 213—249.
- STOKEY, A., 1903, The anatomy of Isoetes. Bot. Gaz., 47, p. 311—335.
- SYLVÉN, N., 1903, Studier öfver organisationen och lefnadssättet hos Lobelia Dortmanna. Ark. f. Bot., 1, p. 377—388.
- VAN TIEGHEM, PH., 1870—71, Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. Ann. sc. nat., Sér. 5, Bot., 13, p. 5—314.
- WIELER, A., 1892, Das Blüten der Pflanzen. Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, 6, Heft 1, p. 1—211.
- WIESNER, J., 1885, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 2. Aufl. Wien.

## DEUTSCHES REFERAT.

### UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WURZELN DER WASSERPFLANZEN.

Als Ergebnis mehrerer experimenteller Untersuchungen (GOEBEL 1884, WIELER 1892, BURGERSTEIN 1904, POND 1905, SNELL 1908) wissen wir heute, dass den Wurzeln der Wasserpflanzen im allgemeinen bei sowohl der Nahrungs-, aber auch der Wasseraufnahme eine viel grössere Bedeutung zukommt, als früher allgemein angenommen wurde.

Alle Angaben über die Aussenmorphologie der Wasserpflanzenwurzeln insbesondere hinsichtlich ihrer Länge und Verzweigung, sowie über die Tiefen, und Horizontalausdehnung des Wurzelsystems, müssen deshalb nicht nur vom morphologischen, sondern auch vom ernährungsökologischen Standpunkt aus als wichtig betrachtet werden. Dasselbe gilt auch von der Kenntnis des anatomischen Baues. Wohl von den meisten Wasserpflanzenarten scheinen jede Angaben über Aussenmorphologie und Tiefen- bzw. Horizontalausdehnung der Wurzelsystems in der Literatur zu fehlen und auch die anatomischen Befunde sind hinsichtlich mancher Arten recht lückenhaft. Einheimische Untersuchungen sind nur in ganz unbedeutender Anzahl vorhanden. Diese Mängel haben ihrerseits eine Veranlassung zu der vorliegenden Studie gegeben.

Das Material wurde 1932 und 1933 in den Gewässern im Bereich des Kirchsp. Iitti in Südfinnland (61° n.Br.), weniger auch im Bereich des Nachbarkirchspiels Hollola eingesammelt. Zum Teil stammt es von Ufern mit Sandboden, ungefähr den Ufern der *Lobelia*-Seen SAMUELSSONS (1925) entsprechend, und umfasst hier die Arten: *Equisetum limosum*, *Isoetes echinosporum*, *I. lacustre*, *Sparganium affine*, *Potamogeton perfoliatus*, *Scirpus acicularis*, *Iris*, *Polygonum amphibium*, *Ranunculus peltatus*, *R. reptans*, *Subularia*, *Elatine triandra*, *Myriophyllum alterniflorum* und *Lobelia*. Von Ufern mit Tonboden, den Vertretern der  $\pm$  eutrophen See- und Flussufern, enthält das Material folgende Arten: *Sparganium simplex*, *S. minimum*, *Potamogeton natans*, *Elodea*, *Phragmites*, *Glyceria fluitans*, *Scolochloa festuacea*, *Carex vesicaria*, *C. gracilis*, *Nymphaea candida*, *Ranunculus lingua*, *Callitriche verna* und *Naumburgia*. Von einigen Arten (*Scirpus lacuster*, *S. eupaluster*, *Alisma*, *Sagittaria*) liegt Material sowohl von Sandsträndern als auch von Ufern mit Tonboden vor; nennenswerte durch die Standorte bedingte Unterschiede liessen sich jedoch an diesen Proben

nicht wahrnehmen. Ein paar Arten (*Phragmites*, *Carex gracilis*) wurden ausserdem von sehr steinigem Boden genommen, von weiteren zwei (*Polygonum amphibium* und *Hippuris*) wurden Proben sowohl aus dem Wasser als vom Lande verwahrt. Die grösste Tiefe, aus welcher Wurzeln ausgegraben wurden, betrug 1.2 m.

Die Untersuchung der aussenmorphologischen und Raumverhältnisse der Wurzelsysteme obiger Pflanzenarten wurde in der Weise ausgeführt, dass entweder mit blossen Händen oder mit Hilfe eines Spatens ein genügend grosses, das zu untersuchende Wurzelsystem enthaltendes Erdstück herausgegraben und aufs trockene Land getragen wurde. Dort erfolgte dann durch vorsichtiges langsames Herauspräparieren die Klarlegung der allgemeinen Verhältnisse des Wurzelsystems (Befestigung, Verlaufsrichtung, Länge, Tiefe und Verzweigung der einzelnen Wurzeln). Es gelang nicht, die längsten Wurzeln der *Carex*-Arten sowie diejenigen von *Nuphar* und *Nymphaea* in ihrer ganzen Länge herauszupräparieren, weshalb die Angaben über die Wurzellänge dieser Arten nicht als genau gelten dürfen.

Die anatomischen Untersuchungen wurden im botanischen Institut der Universität zu Helsinki an Alkoholmaterial ausgeführt. Die nötigen Schnitte wurden handmässig hergestellt, als Hilfsapparate beim Zeichnen dienten ein Projektionsspiegel und eine Reichertsche Universal-Mikrolampe.

Die Tabelle, S. 48—49, enthält die wichtigsten auf die eigenen Untersuchungen der Verfasserin sich gründenden Zahlenangaben aus den z. T. durch Abbildungen veranschaulichten Beschreibungen der untersuchten Arten auf S. 7—45 zusammengestellt. Die Arten sind in der Tabelle nach den Lebensformen geordnet, mit den typischsten Hydrophyten beginnend und mit den Helophyten schliessend.<sup>1</sup>

Auf Grund dieser und in einigen Fällen nur im Text mitgeteilter Angaben können an den Wurzeln der Wasserpflanzen einige durchgehende Züge festgestellt werden:

In Übereinstimmung damit, dass auch den Wasserpflanzenwurzeln eine grosse Bedeutung nicht nur als Befestigungs-, sondern auch als Organe im Dienste der Nahrungsaufnahme zukommt, ist die Tiefe des Wurzelsystems sowie die Länge der Wurzeln nicht unbedeutend. Im allgemeinen liegen die Werte bei 5—10 cm, oft auch mehr, und die horizontale Ausdehnung des Wurzelsystems beläuft sich meist auf das 2- bis 3-fache dessen. Diese Verhältnisse gestalten sich nicht nennenswert verschieden denen gegenüber, die wir von zahlreichen hygrophilen und mesophilen Landpflanzen kennen. Die Tiefe des Wurzelsystems variiert jedoch bei den

---

<sup>1</sup> Die Reichlichkeit der Wurzelhaare ist in der Tabelle durch die Zahlen 1—4 nach folgendem Schema angegeben worden:

- 4 sehr reichlich
- 3 reichlich
- 2 spärlich
- 1 sehr spärlich



verschiedenen Wasserpflanzenarten recht erheblich, was z.T. durch die verschieden tiefe Lage des Wurzelstockes bedingt wird. Auch die Länge der Wurzeln ist recht verschieden. Am kürzesten sind sie bei den kleinen Grundblattkräutern; bei ihnen dringt das Wurzelsystem auch in Ganzen nicht so tief in den Boden hinein wie bei anderen Wasserpflanzen. Diesen Pflanzen nähern sich in der besprochenen Hinsicht einige Arten mit Schwimmblättern. Die untersuchten Arten der Wasserblattkräuter weisen ein Wurzelsystem von geringer Tiefenausdehnung auf, die einzelnen Wurzeln sind aber verhältnismässig lang. Die längsten und am tiefsten in den Boden eindringenden Wurzeln besitzen die Helophyten und die grossen Schwimmblattkräuter (*Nymphaea*, *Nuphar*). — Bei den meisten untersuchten Arten wachsen die Wurzeln erst eine beträchtliche Strecke horizontal nach aussen oder etwas schräg nach unten, biegen aber dann immer steiler abwärts ab; senkrecht hinabwachsende lange Wurzeln werden nur bei einigen wenigen Arten angetroffen (*Glyceria fluitans*, *Phragmites*, *Carex gracilis*, *C. vesicaria*, *Iris*, *Nymphaea* und *Nuphar*).

Hinsichtlich der Verzweigung der Wurzeln kann als allgemeiner Zug festgestellt werden, dass sie bei den Grundblattkräutern ebenso wie bei den Wasserblattkräutern im allgemeinen schwach ist (völlig unverzweigt sind die Wurzeln von *Subularia*, *Elatine triandra* und *Elodea*, nur bei einzelnen Individuen schwach verzweigt die Wurzeln von *Lobelia*, *Potamogeton perfoliatus*, so auch *Hydrocharis*, *Callitriche verna* und *Equisetum limosum*), reichlich dagegen bei den Helophyten. Von dieser allgemeinen Regel gelten jedoch recht viele Ausnahmen.

Nur bei wenigen Arten lassen die Wurzeln eine Art *Dimorphismus* erkennen. Dieser kommt darin zum Ausdruck, dass einige Arten (*Phragmites* und die *Carex*-Arten) reichverzweigte Wurzeln in geringer Tiefe einerseits und schwach verzweigte Tiefenwurzeln andererseits besitzen. Bei *Iris* begegnet man wiederum  $\pm$  parallel mit der Oberfläche verlaufenden, reichlich verzweigten Ernährungswurzeln und schräg oder direkt abwärts gerichteten, dicken, schwach verzweigten Zugwurzeln. Desweiteren besitzt *Ranunculus reptans* dickere unverzweigte und feinere, verzweigte Wurzeln, die auch anatomisch verschieden sind. *Alisma* bringt einen schwachen Dimorphismus zur Schau, der zum Teil in der Verlaufsrichtung und der Verzweigung, zum Teil im Bau der Endodermis und der Interzellularräume zum Ausdruck gelangt.

Wurzelhaare wurden bei 76 % der untersuchten Arten angetroffen. In fast allen Lebensformen sind Arten mit und solche ohne Wurzelhaare vertreten. Hinsichtlich der Reichlichkeit der Wurzelhaare besteht ein Unterschied zwischen Wasser- und Landformen gleicher Spezies zugunsten der letzteren (z.B. *Polygonum amphibium*). Die längsten Wurzelhaare werden bei denjenigen Arten angetroffen, bei welchen sie auch in der grössten Reichlichkeit auftreten.

In anatomischer Hinsicht verdient der Beachtung, dass in den Wurzeln sämtlicher untersuchter Arten *Tracheen* oder *Tracheiden* angetroffen werden, auch bei solchen (z.B. *Potamogeton*), deren Stengel ihrer entbehrt.

Von Pflanzen mit submersen Blättern weist *Ranunculus peltatus*, der nach SNELL (1908, S. 227) in seiner Nahrungsaufnahme recht wenig auf die Wurzeln angewiesen ist, eine geringere Anzahl Gefässteile auf als die übrigen untersuchten submersen Arten.

Das Interzellularsystem ist bekanntlich bei den Wasserpflanzen kräftig entwickelt. Dessen schwache Ausbildung in den Wurzeln von *Equisetum limosum* und *Elodea*, desweiteren in den dicksten Wurzeln von *Ranunculus peltatus* und *R. reptans*, bei welchen sämtlichen Arten es nur durch kleine 3—4-eckige Interzellularen an den Ecken der Rindenzellen vertreten ist, ist einer besonderen Beachtung wert. Schwach gelangt das Interzellularsystem auch in den Wurzeln der Landform von *Polygonum amphibium* zur Ausbildung.

Noch sei bemerkt, dass die Wurzeln der Landform von *Polygonum amphibium* ein recht beträchtliches sekundäres Dickenwachstum wie auch eine Korkbildung aufweisen; in den Wurzeln der Wasserform fehlen sie dagegen, ebenso wie auch bei allen anderen Wasserpflanzen.